



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE HIDROPONÍA EN EL SECTOR NORTE DE ANTOFAGASTA

CODIGO EST-2009-0672



JUNIO - 2011



Tabla de Contenido

	Pag.
RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. INFORMACIÓN BÁSICA	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Área de Influencia del Estudio	7
2.3 Infraestructura Existente	10
3. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA	12
4. DEFINICIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	15
4.1 Sistema de Captación	15
4.2 Etapa de Pre-tratamiento de Agua de Mar	16
4.3 Módulo de Osmosis Inversa	16
4.4 Sistema de Pos-tratamiento del Permeado	17
4.5 Sistema de Descarga de Salmuera	17
4.6 Bombeo e Impulsión de Agua hacia las Instalaciones de AGRALPA	17
4.7 Regulación y Red de Distribución	18
5. BASES DE DISEÑO	20
5.1 Generalidades del Diseño	20
5.2 Calidades de Agua	21
5.2.1 Calidad de Agua de Alimentación	21
5.2.2 Calidad de Agua Requerida por ASGRALPA	22
5.2.3 Calidad del Agua de Rechazo	22
5.3 Bases de Diseño por Etapas del Proyecto	24
5.3.1 Captación de Agua de Mar	24
5.3.2 Pre-tratamiento	25
5.3.3 Módulo de Osmosis Inversa	25
5.3.4 Pos-tratamiento del Permeado	26
5.3.5 Sistema de Descarga de Salmuera	26
5.3.6 Sistema de Elevación e Impulsión hacia loteo agrícola	26
5.3.7 Regulación y Red de Distribución	27
6. LISTADO DE ANTECEDENTES LEGISLATIVOS ATINGENTE AL PROYECTO	28
6.1 Normativa de Carácter General	28
6.2 Normativa Relativa al Componente Ambiental Aire	28
6.3 Normativa Referida a los Residuos Líquidos y Sólidos	28
6.4 Otras Normativas	29

7.	PREDISEÑO DEL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	30
7.1	Captación de Agua de Mar	30
7.2	Planta Desaladora	30
7.3	Sistema de Descarga de Salmuera	32
7.4	Sistema de Elevación e Impulsión hacia loteo agrícola	33
7.5	Regulación y Red de Distribución	34
7.6	Consumo energético y Manejo de Residuos	36
7.6.1	Consumo Energético Global	36
7.6.2	Generación y Manejo de Residuos Industriales Líquidos Sólidos	36
7.7	Suministro Eléctrico	37
8.	COSTOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA	38
8.1	Estimación de Costo de Capital (Capex)	38
8.1.1	Tipo de Estimación	38
8.1.2	Exclusiones	38
8.2	Bases de Estimación	38
8.2.1	Alcance del estimado de Costo	38
8.2.2	Desarrollo de Cantidades	39
8.2.3	Tipo de Cambio	39
8.2.4	Origen de Precios	39
8.2.5	Precios de Equipos de Planta y Materiales	39
8.2.6	Costos Indirecto de la Construcción	40
8.2.7	Repuestos	40
8.2.8	Fletes y Transporte	40
8.2.9	Servicios de Ing., Compras y Adm. de la Construcción	40
8.2.10	Contingencia	40
8.3	Resumen Ejecutivo de Costos de Capital por Modulo de Operación	41
8.4	Resumen Global de Costos de Capital del proyecto ASGRALPA	43
8.5	Estimación de Costos de Operación	44
8.5.1	Bases de Estimación	44
8.5.2	Resumen del Costo de Operación por modulo de Operación	44
8.6	Conclusiones del Análisis Económico	46
9.	ADMISIBILIDAD AL SISTEMA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL SEIA	48
10.	PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES	49
ANEXOS		
Anexo A:	Detalles de Costos de Operación	
Anexo B:	Informe Técnico Pre-diseño Sistema de Captación y rechazo de Agua, Planta desalinizadora Alto la Portada, Bahía de san Jorge, Antofagasta II Región.	
Anexo C:	Factibilidad Técnica del diseño Planta Desaladora Alto la Portada – ASGRALPA-Antofagasta.	
Anexo D:	Pre-dimensionamiento de Impulsión	
Anexo E:	Pre-diseño Red de Distribución	
Anexo F:	Antecedentes para Evaluar el Cumplimiento de las Normas Ambientales	

RESUMEN

El presente documento realiza una evaluación a nivel de estudio de factibilidad técnico-económica correspondiente a la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable mediante captación de agua de mar, para el loteo agrícola Altos La Portada, a instalarse próximamente en el sector norte de la ciudad de Antofagasta, frente al monumento nacional La Portada.

El estudio surge ante la necesidad de contar con agua de buena calidad para abastecer al loteo agrícola, a emplazarse en un sector que actualmente no tiene suministro. El loteo mencionado tiene proyectado ocupar 100 Hás, para desarrollar cultivos mediante la técnica de la hidroponía, técnica innovadora en la región y que tiene como principal característica, el reemplazo del suelo agrícola por solución rica en compuestos que el vegetal requiere. Además esta técnica optimiza el consumo de agua utilizada.

El sistema estudiado se compone de captación, planta desaladora, impulsión hacia el loteo y la red de distribución (donde también se incluye la regulación). La captación se ubica a 3 km al norte del monumento nacional La Portada y corresponde a una tubería sumergida, de 320 m de longitud, con obra de toma a 10 m de profundidad. El agua es captada mediante succión desde el exterior, reforzada con sistema de extracción de aire, hasta un estanque de traspaso en el borde del acantilado. Desde allí los 50 l/s captados son enviados a una planta de desalación por osmosis inversa ubicada a 100 m al interior del borde costero, desde donde se impulsan 20 l/s de agua producto hacia el loteo agrícola emplazado en los faldeos de la cordillera de la costa frente a la Portada. El agua de rechazo es devuelta al mar.

El loteo está subdividido en tres sectores, desarrollándose entre las cotas 130 y 270 m.s.n.m. Esto lleva a tener tres estanques de regulación (de 1000, 150 y 50 m³) y por consiguiente tres tramos de impulsión, todos en HDPE, en longitudes 5.400, 600 y 1.340 metros. La red de distribución diseñada tiene un total de 15.441 m, en diámetros comprendidos entre 40 y 160 mm, en HDPE.

El monto de la inversión de capital resultante es de US\$ 4.704.586, representando el tratamiento mediante osmosis inversa, el 46% de este costo. A ello se agrega un costo anual de operación de US\$ 1.270.101, en la cual el tratamiento por osmosis representa el 66%. Con ello, el costo unitario del m³ de agua producida resulta a 2,02 US\$/m³, valor comparable con otros sistemas de abastecimiento de este tipo instalados en la región. Ante estos resultados, no se debe olvidar que este tipo de estudios está sujeto a un margen de error $\pm 30\%$.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de la gran cantidad de agua que existe en la tierra, la disponibilidad de agua directamente aprovechable está muy reducida, especialmente en lugares donde las precipitaciones de lluvia son escasas y existe una necesidad creciente de obtener agua dulce para uso doméstico, agrícola o industrial. Por lo tanto, la obtención de agua potable a partir de agua de mar es un objetivo prioritario para el progreso de regiones en condiciones de aridez.

La tecnología de ósmosis inversa permite el más elevado nivel de separación de sales disueltas, sólidos en suspensión y microorganismos. El progreso tecnológico en los materiales de la membrana y la experiencia en el diseño de las plantas de desalinización por ósmosis inversa hacen actualmente posible obtener del mar, con un coste competitivo, agua de buena calidad (dulce) en grandes cantidades para uso agrícola, industrial o para el consumo humano.

La Asociación Gremial de Agricultores de Alto la Portada (ASGRALPA), requiere evaluar alternativas de suministro de agua para su proyecto hidropónico de 100 hectáreas, localizadas en el sector Alto de la Portada.

El presente documento corresponde al informe final del Estudio de Factibilidad para dotar con agua desalada proveniente del mar al loteo agrícola Altos La Portada, en el sector norte de la ciudad de Antofagasta, frente al monumento nacional del mismo nombre. El estudio comprende una primera parte con la presentación de los antecedentes básicos para el desarrollo del estudio, continuando con el establecimiento de las bases de cálculo, planteamiento de alternativas y selección de aquella más conveniente, para culminar con un predimensionamiento y cuantificación de los costos que involucra la alternativa seleccionada.

El estudio desarrollado tiene por objetivo demostrar claramente la conveniencia o no de la realización del proyecto de construir una planta desaladora de agua de mar que abastezca de agua potable al loteo agrícola ya mencionado.

2. INFORMACIÓN BÁSICA

2.1. ANTECEDENTES

La hidroponía (palabra que deriva del vocablo griego “hydro” = agua y “ponos” = trabajo) es una técnica agrícola que se orienta en la utilización de soluciones minerales en vez de suelo agrícola, en los que se optimiza la combinación de elementos químicos que requiere el vegetal, para el crecimiento y desarrollo del cultivo. En este caso las raíces de los cultivos reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos esenciales para el desarrollo de la planta, la que puede crecer ya sea en una solución únicamente mineral o bien en un medio inerte como arena lavada, grava o perlita (cristal natural de textura porosa y liviana, que contiene un 5% de agua en su interior).

Esta es una técnica que, aunque fue descubierta hace bastante tiempo en el siglo XIX, en la actualidad cada día toma más auge, fundamentalmente en aquellas zonas donde las condiciones para la agricultura, especialmente por la calidad del suelo (como en Antofagasta y la zona norte del país en general), resultan adversas. Una combinación de hidroponía con un buen manejo de invernadero permiten obtener buenos rendimientos, lo que para zonas con creciente demanda agrícola como Antofagasta, resulta una iniciativa muy atractiva. Es una técnica de producción a bajo costo, de rápidos resultados, con productos ricos en elementos nutritivos. Pero es también una técnica que requiere conocimientos avanzados y de investigación permanente, para contrarrestar la no existencia del efecto amortiguador o buffer que ofrece el suelo natural, que en este caso no existe, además de los diferentes niveles de complejidad que ella presenta.

Antofagasta es una ciudad que ha experimentado un notable crecimiento poblacional en las dos últimas décadas, lo que ha llevado paralelamente un aumento significativo de la demanda por productos agrícolas, que en un buen porcentaje son satisfechos por la producción regional. Sin embargo el aumento en la producción regional no ha ido al mismo ritmo que el aumento en la demanda, con lo cual el déficit debe ser cubierto cada vez en mayor proporción por productos traídos de otras regiones. Resulta entonces evidente el potencial campo de desarrollo que puede aprovechar la hidroponía en la zona. Hay abundancia de terrenos para su desarrollo y el clima también ayuda.

Pero ante la falta de suelo, la hidroponía requiere de agua (dulce), la cual en Antofagasta y en la región es extremadamente escasa. Existe sin embargo una fuente prácticamente inagotable, aunque no de la calidad requerida, a muy poca distancia, como lo es el mar. El agua en este caso es altamente salina y requiere de tratamiento para su uso en las diversas actividades que puede desarrollar el ser humano. En la región se ha visto un aumento sostenido de captaciones de agua de mar para diversos usos, lo que simultáneamente con el mejoramiento de la tecnología y mejor conocimiento de la ciencia en la temática de desalación, ha llevado a que los costos de producción de agua dulce extraída desde el mar se hayan reducido notablemente, generando una real oportunidad para cualquier actividad humana. Aguas de Antofagasta, la mineras Escondida, Esperanza y Michilla, son algunos de los casos de producción de agua dulce extraída desde el mar, con plantas de reciente construcción.

En este contexto, para la Asociación Gremial de Agricultores Altos La Portada, agrupación agrícola que tiene en la actualidad algunas instalaciones de hidroponía en modo piloto que ocupan algunos metros cuadrados en el sector norte de la ciudad, surge la inquietud por saber si es posible, con el avance actual de la tecnología, disponer de un abastecimiento de agua potable propio, a un costo menor que el que resultaría de comprar la misma cantidad a potenciales proveedores existentes.

La respuesta a esta inquietud cobra más fuerza en la actualidad al lograr esta asociación la entrega por parte de Bienes Nacionales, de 100 Hás de terreno para el desarrollo de cultivos hidropónicos, hectáreas emplazadas frente al monumento nacional La Portada, entre la carretera hacia Mejillones y los primeros faldeos costeros de la Cordillera de la Costa.

2.2. ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO

La zona de influencia del estudio corresponde al denominado loteo Altos La Portada y que corresponde a las 100 Hás que se han mencionado en el punto anterior y cuya ubicación, respecto a la ciudad de Antofagasta, se puede apreciar en las Figuras 1 y 2 siguientes. El loteo se emplaza a 3 km al norte del límite urbano de la ciudad y a 2,2 km del borde costero y del monumento nacional natural La Portada.

Como se aprecia en las figuras, el loteo se compone de tres sectores separados, situándose el principal de ellos en una planicie de suave pendiente entre las cotas 130 y 180 m.s.n.m. Otros dos pequeños sectores se emplazan a mayor altura, en pleno cerro, entre las cotas 215 y 270 m.s.n.m.



Fig. 1.- Ubicación zona de estudio en relación a la ciudad de Antofagasta (Imagen: Google Earth)



Fig. 2.- Ubicación del loteo Altos La Portada, frente al monumento nacional (sitios del loteo en color celeste)(Imagen: Google Earth).

El loteo en cuestión consiste en 147 sitios de superficies de 5.000 m² (promedio). Estos sitios se distribuyen en 6 lotes, tal como se indica en la Tabla N° 1. Esta tabla se complementa con la Fig. 3 que ilustra la distribución de los sitios.

Tabla 2.1 Distribución de sitios en loteo Altos La Portada

LOTE	SITIOS	SUPERFICIE (Hás)
A	Desde el 1 al 42	24,2
B	Desde el 43 al 67	14,5
C	Destinado al ZEC-1	3,9
D	Desde el 68 al 99	18,8
E	Desde el 100 al 121 y 141	13,8
F	Destinado al ZEC-2	2,1
G	6 sitios	7,4
H	Desde el 122 al 140	14,7

Los lotes C y F, designados con la nomenclatura ZEC (Zona Especial Comercial), están subdivididos en áreas verdes y un ordenamiento municipal, que en el caso del lote C comprende sectores turísticos, ferias agrícolas, oficinas, sector de culto y cultura entre otros, mientras que para el lote F, la subdivisión proyectada plantea sectores recreacionales y de cultura.

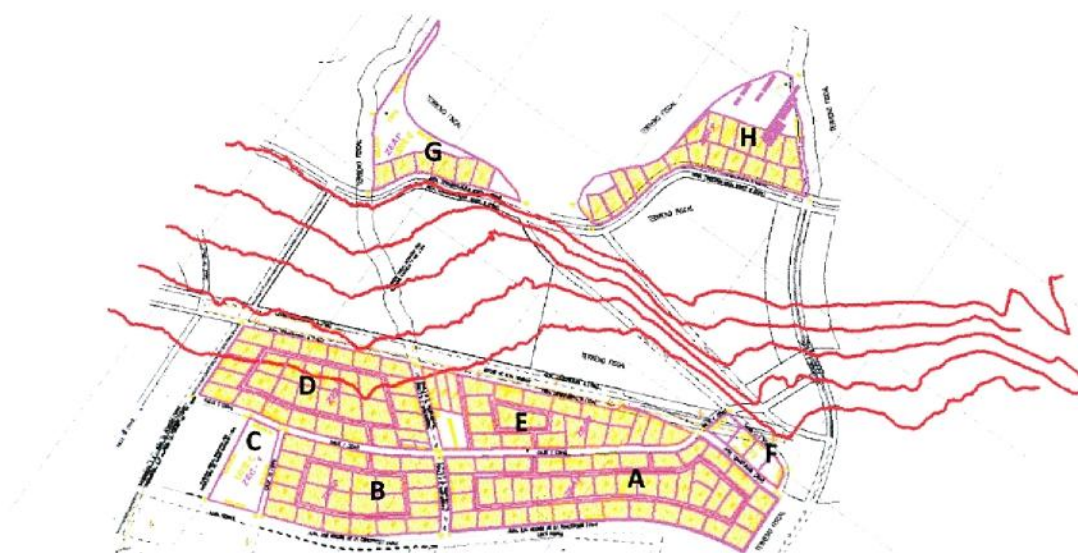


Fig.3.- Distribución de sitios del loteo agrícola Altos La Portada, Antofagasta.

Cada sitio será ocupado por una familia de agricultores que en la actualidad se desempeña en los terrenos agrícolas que aún quedan en el sector La Chimba, en el extremo norte de la ciudad de Antofagasta y en el km 12 a la salida central de la ciudad.

2.3. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

En la actualidad el loteo existe solo en planos de proyecto, ingresados en los organismos correspondientes para su oficialización, aunque su materialización es inminente. En consecuencia no existe una red de distribución de agua potable ni red de evacuación de aguas servidas.

Sin embargo en la proximidad del loteo, paralela a la carretera, existe una conducción de agua potable de propiedad de Aguas Antofagasta, que transporta el suministro para la ciudad de Mejillones, distante 60 km al norte de Antofagasta. Esta conducción potencialmente podría abastecer de agua al loteo a un costo que la empresa sanitaria determine. Es una tubería de hierro dúctil, que se desarrolla en diámetros variables entre 350, 400 y 450 mm. En el sector del loteo, el diámetro de la tubería es de 400 mm,

En la actualidad, su capacidad de porteo está limitada a abastecer de agua a la ciudad de Mejillones y a algunas entregas puntuales en el camino, como son el aeropuerto y base aérea Cerro Moreno y Minera Rayrock, Con las actuales instalaciones con que cuenta, sería capaz de abastecer al loteo agrícola. Para ello sería necesario construir obras que aumenten significativamente la capacidad de porteo, lo que representa una considerable inversión y retardo en la puesta en marcha del sistema.

La figura siguiente ilustra la ubicación de la aducción Cerro Moreno, conducción a la que se refieren los párrafos precedentes.



Fig. 4.- Ubicación de aducción Cerro Moreno, que suministra de agua a esta localidad y a la ciudad de Mejillones.

Sin lugar a dudas la ubicación de la conducción genera una alternativa de abastecimiento muy atractiva para el loteo agrícola, pero previamente requiere del aumento de su capacidad de porteo. Pero esta alternativa, ¿será de menor costo? que aquella de contar con un sistema de abastecimiento propio. La inversión y costos que requiere un sistema de abastecimiento propio son evaluados en los puntos siguientes del presente documento.

3. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por la asociación de agricultores, el loteo agrícola está proyectado como una futura eco-aldea, donde cada sitio del loteo se construirán instalaciones para desarrollar los cultivos hidropónicos, junto a la construcción de una vivienda para alojar a una familia de tamaño normal. La figura siguiente esquematiza la disposición de obras que tendrá cada sitio, en el cual destacan los galpones hidropónicos que tendrían 15 m de ancho por 44 de largo cada uno. En una primera etapa, hacia el final de ella (al 4° año) se proyecta la instalación de 4 galpones. En una segunda etapa (6° año), serán 6 los galpones que ocuparán cada sitio.

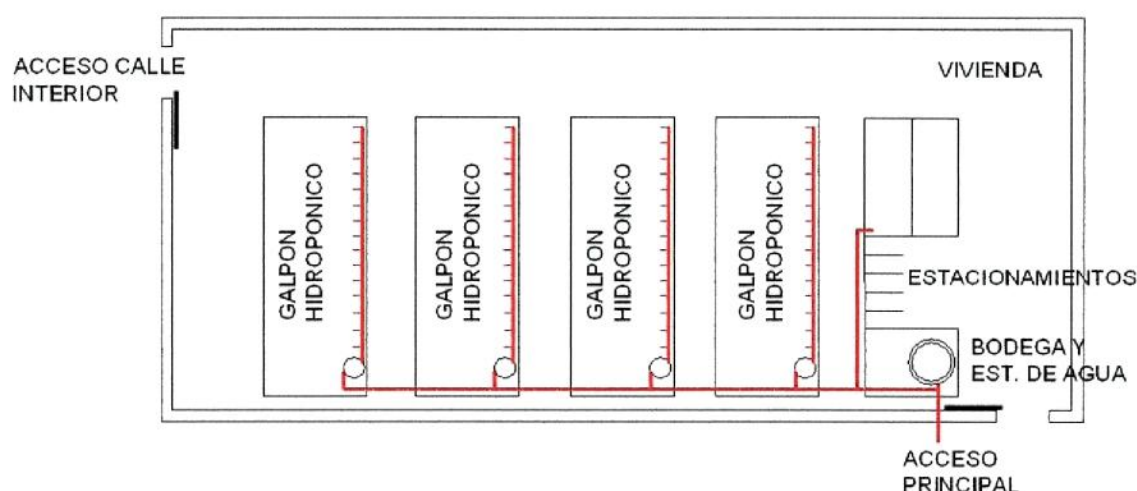


Fig. 5.- Esquema de red de agua potable de un sitio típico en loteo.

Como se puede apreciar en la Fig. 5, una parte del terreno se ocupará para equipamientos (vivienda, bodega, caminos) y la mayor parte para producción, incluyendo algunos de los lotes, alguna superficie para áreas verdes. Es necesario mencionar que en el lote E se ha dejado libre una superficie de 1,2 Hás, que se destinará a la construcción de un Packing. También en el lote D se han dejado reservados dos sitios de 1.200 m² cada uno, para actividades de investigación a desarrollar por las Universidades Católica del Norte y de Antofagasta. Tabla 2 ilustra la distribución ocupacional.

Para cuantificar la demanda, se requiere complementar estos antecedentes con la cuantificación de los diferentes consumos que habrá en las instalaciones. Sin lugar a dudas el mayor consumo provendrá de los requerimientos para producción, los cuales están asociados a la distribución y tipo de productos agrícolas que se cultivarán en los sitios y especialmente a la etapa de desarrollo en que ellos se encuentren. En este contexto, de acuerdo a los antecedentes proporcionadas por ASGRALPA, el requerimiento solo por producción es aproximadamente de 5 m³/mes/galpón. A esta cantidad se debe agregar la demanda asociada a otros procesos como higiene y manejo, lo que representan otros 5 m³/mes/galpón. También está el volumen asociado a las

mesas flotantes (son 10 por galpón, con 2 m³/mesa/mes), con 20 m³/mes/galpón. Entonces, por concepto de actividad agrícola se requieren 30 m³/mes/galpón, lo que representa una demanda de 180 m³/mes/sitio para la condición de máxima ocupación. Finalmente se debe agregar el volumen de reserva autónoma por sitio, representado por el estanque de 10 m³ a instalar en uno de los extremos de cada sitio, como se aprecia en la figura 5.

Tabla 3.1 Superficies de la eco-aldea ocupadas por lote [m²]

LOTES	PRODUCTIVA	AREAS VERDES	EQUIPAMIENTO	TOTAL
A	210.000		32.216	242.216
B	125.000		20.106	145.106
C		20.298	18.430	38.728
D	160.000		27.664	187.664
E	115.000	300	22.416	137.716
F		14.145	7.072	21.218
G	30.000	14.784	29.567	74.351
H	95.000	12.974	38.923	146.898
TOTALES	735.000	62.501	196.395	993.897

Por otra parte en cada sitio se construirá una vivienda, para la cual se ha asumido que el núcleo familiar de cada una de ellas está constituido por 5 a 6 personas. De acuerdo a ello, la demanda de consumo medio para agua potable es de 60 m³/mes.

Un requerimiento adicional en el loteo corresponde al considerado para el funcionamiento del packing, el cual se ha establecido en 50 m³/día (o su equivalente de 10 m³/mes/sitio).

Finalmente hay que agregar el requerimiento por parte de Komatsu, empresa transnacional que ha establecido un convenio con ASGRALPA para respaldar tanto técnica como económicamente (en un porcentaje significativo) la implementación del proyecto de abastecimiento de agua potable para el loteo agrícola. La asociación agrícola se ha comprometido con entregar 500 m³/mes a la empresa Komatsu.

En resumen, la demanda para el sistema de abastecimiento queda como sigue:

- Consumo Familiar 8.820 m³/mes
- Producción agrícola 27.930 m³/mes
- Packing 1.500 m³/mes
- Komatsu 500 m³/mes

Lo anterior hace un total de 38.750 m³/mes, lo que es equivalente a un caudal medio de 14,9 l/s. En consecuencia se adopta como caudal de diseño para el sistema de abastecimiento un total de 20 l/s, lo que llevaría a obtener un coeficiente máximo diario igual a 1,33, valor que está dentro de las magnitudes aceptables para este tipo de instalación.

Una verificación adicional se realiza para la condición extrema máxima que representa la producción durante el período de verano, en que por concepto de transpiración, el consumo de agua se ve incrementado entre un 30 a 40%. En esta situación la demanda por sitio se elevaría a 266 m³/mes, que sumado a los otros montos (consumo doméstico, packing, Komatsu) llevaría a la demanda a un volumen total de 49.892 m³/mes, esto es 19,3 l/s, lo que estaría cubierto por el caudal de diseño de 20 l/s.

4. DEFINICIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

Este capítulo tiene por objetivo plantear y evaluar las alternativas de solución que permitirían al loteo agrícola, contar con un sistema de abastecimiento de agua potable propio, considerando como fuente de abastecimiento el mar. En este contexto, la conformación lógica de un sistema como el de estudio, permite analizar las alternativas por etapas, cada una de ellas correspondiente a una componente del mismo, esto es:

- Captación de agua de mar
- Pre-tratamiento de agua de mar
- Modulo de osmosis inversa
- Pos-tratamiento del permeado
- Descarga de salmuera
- Impulsión de agua desalinizada hacia las instalaciones de ASGRALPA.
- Red de agua potable y de regadío

4.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN

La calidad del agua de entrada condiciona el posterior proceso de tratamiento, por lo que a la hora de realizar el diseño de captación, se debe tomar en cuenta las características del entorno (zonas rocosas, naturaleza de la costa, calidad del agua bruta) lo cual determina el tipo de captación más apropiado (pozo playero o captación submarina al interior del mar).

Para el presente estudio, tal como se respalda en detalle en el prediseño incluido en Anexo B, se ha seleccionado el segundo tipo de captación, del cual hay disponibilidad de mayores antecedentes que aquellos para el primer tipo de captación. El pozo playero por lo general es una buena alternativa pero requiere de investigación de terreno (pruebas in-situ en pozos que se deben construir) que por su elevado costo escapan a los alcances del presente estudio.

La selección de la alternativa de captación submarina lleva asociada la necesidad de considerar un sistema de bombeo externo, robusto, que sea capaz de funcionar con aspiración negativa. Pero dadas las características del borde costero donde se emplazaría la captación (desnivel geométrico mayor a 10 m), el sistema de bombeo debe ser reforzado con un sistema de extracción de aire.

Dentro del conjunto de obras que comprende el sistema de captación se encuentra la toma misma, la planta elevadora de aspiración, el sistema de extracción de aire, un estanque de recepción del agua captada y no considera regulación, y la impulsión hasta la planta de tratamiento del agua de mar captada. El dimensionamiento de estas obras queda determinado por el caudal de diseño adoptado.

4.2. ETAPA DE PRE-TRATAMIENTO DE AGUA DE MAR

Las membranas de Osmosis Inversa pueden ensuciarse fácilmente debido a la presencia de partículas, a la formación de incrustaciones y al crecimiento biológico. Las incrustaciones se forman por el depósito de minerales –causado por sales parcialmente insolubles en el agua bruta – en los materiales de conducción y membranas, lo cual puede reducir la eficiencia del proceso y ensuciar las membranas. Dichas sales precipitan de las soluciones y se acumulan en las membranas, causando la degradación de éstas, que con frecuencia quedan inservibles. Para disminuir esos efectos, en las plantas de desalinización que emplean membranas se utiliza la filtración de residuos en la forma de partículas grandes y, además, se agregan productos químicos anti-incrustantes y/o se emplea una tecnología de filtración más refinada, como micro filtración o ultra filtración. La micro filtración generalmente elimina partículas > 0.1 micrones (bacterias y sólidos finos), mientras que la ultra filtración elimina partículas > 0.005 micrones (pigmentos, coloide, virus y aceites emulsionantes); ambos procesos de filtración son impulsados por presión.

Desafortunadamente, la adición de productos químicos anti-incrustantes puede causar un aumento en el crecimiento biológico sobre las membranas, lo cual resulta en atascamiento, una menor eficiencia, mayores costos de operación e incluso, potencialmente, la destrucción de la membrana misma. El grado de ensuciamiento biológico que ocurra dependerá de la cantidad de luz solar, el tipo y la cantidad de productos anti-incrustantes que son empleados, el pH del agua de alimentación y la cantidad de algas presentes en el agua bruta. Por consiguiente, si se quiere evitar el crecimiento biológico y la formación de incrustaciones, es posible reemplazar la Micro-filtración (tamaño de poros de 0.1 a 0.2 μm) por la Ultra filtración (tamaño de poros de 0.01 a 0.05 μm) y evitar así también el uso de reactivos químicos tales como ácidos para reducir los efectos de la incrustación.

4.3. MODULO DE OSMOSIS INVERSA

La ósmosis es el paso espontáneo de un líquido a través de una membrana semi-permeable desde una solución diluida a otra de mayor concentración. La fuerza impulsora es la presión osmótica, que es función del tipo de solvente y del soluto, así como también de su concentración. Por el contrario, la Osmosis Inversa es un proceso que invierte el fenómeno de osmosis natural, forzando el flujo inverso a través de la membrana semi-permeable al aplicar una presión mayor a la presión osmótica a una solución delimitada por una membrana semipermeable, es decir, al aplicar una presión adicional en el lado del concentrado se origina una ósmosis inversa, en donde el flujo va desde el lado del concentrado hacia el lado diluido.

Para el caso de agua de mar, de modo de vencer la presión osmótica del agua de mar (aprox. 26 Bar), es necesario elevar la presión a valores de 50-80 bar. Una vez aumentada la presión, el fluido pasa por uno o más trenes de osmosis inversa en paralelo. Los productos del proceso de osmosis inversa son una corriente de agua desalinizada o

permeado, y una corriente de salmuera denominada “rechazo” (la osmosis retiene partículas > 0.0001 micrones; iones metálicos, sales y minerales monovalentes).

4.4 SISTEMA DE POSTRATAMIENTO

El permeado o agua producto puede ser utilizado directamente o pos-tratado, si se va a utilizar para consumo humano u otro uso específico. En el caso de su utilización para consumo humano, será suficiente con clorar el agua para su esterilización y endurecerla mediante la adición de calcio.

4.5 SISTEMA DE DESCARGA DE SALMUERA

La salmuera generada en el sistema de osmosis inversa, mezclada con el desagüe de retrolavado de los filtros, se almacenará en un estanque de desagüe de salmuera, que descarga al mar por gravedad, a través de una tubería anclada al fondo marino y ubicado en un sector turbulento que facilite la dispersión de ella y que esté alejado de la obra de toma. Debido a la alta agresividad química que posee el agua de mar, la tubería de descarga de salmuera debe ser de polietileno de alta densidad.

4.6 BOMBEO E IMPULSIÓN DE AGUA HACIA LAS INSTALACIONES DE ASGRALPA

Las alternativas que se plantean en este punto tienen directa relación a la ubicación y cantidad de estanques de regulación con que contará el loteo agrícola. A su vez esta ubicación condiciona los materiales que se han de considerar en los tramos de impulsión. Esta obra comienza en la planicie superior del acantilado costero, desde la salida de la planta de desalación, hasta los estanques de regulación. Dada la disposición de los sectores de loteo agrícola (son 3, a distinta cota como se indicó en punto 2.2), se pueden plantear al menos tres alternativas de impulsión:

- Impulsión única a un único estanque de regulación
- Impulsión en dos tramos a dos estanque de regulación (uno para el sector de loteo más alto y otro para los otros dos sectores)
- Impulsión en tres tramos, para tres estanques de regulación, cada uno asociado a un sector del loteo.

El análisis de las alternativas requiere la definición de las ubicaciones de los posibles tres estanques, cuyo análisis detallado corresponde al siguiente punto de este capítulo. Esas ubicaciones corresponden a las cotas 196, 260 y 306 m.s.n.m.

La primera alternativa está asociada a la construcción de un solo estanque a la cota 306 m.s.n.m., con lo cual lleva a considerar una elevación de 270 m, lo que sin dudas representa una alternativa de alto costo energético, además de una alta inversión inicial por requerir de tuberías de alta resistencia. Por otra parte, el golpe de ariete en este caso

es un problema de complicada resolución. Finalmente tiene el inconveniente de un derroche de energía al tener que subir y bajar aproximadamente 110 metros, un volumen considerable de agua, que corresponde al requerido por el sector de loteo más grande (que representa el 83% de la superficie total, y que está emplazado entre las cotas 130 y 180 m.s.n.m.). En consecuencia esta alternativa se descarta para el análisis.

La segunda alternativa está asociada a la construcción de dos estanques, uno en la cota 306 m.s.n.m. (de menor volumen, para abastecer al loteo más alto) y otro más grande, en la cota 260 m.s.n.m. En este caso la altura geométrica de elevación es un poco menor (aproximadamente 225 m), aunque sigue siendo un valor alto con su consecuente alto consumo de energía por bombeo. La alternativa requiere de considerar impulsión en dos tramos, el superior con un menor caudal y por consiguiente, con menor consumo de energía por bombeo. También tiene el problema de derrochar energía por el movimiento del agua requerido por el sector de loteo más bajo, aunque en este caso son 64 metros.

La tercera alternativa está asociada a la construcción de tres estanques, en las cotas indicadas anteriormente. El más bajo es el de mayor volumen y abastecerá al sector de loteo más grande. La altura de elevación del caudal total en este caso se reduce a 166 m, pero ya no hay derroche de energía por subida y bajada del volumen de agua requerido por el loteo más bajo. En esta alternativa la impulsión tiene tres tramos, los dos últimos con caudales bastante menores acordes al tamaño de los sectores a abastecer. En términos de consumo de energía, es indudable que esta es la mejor, aunque operativamente es más compleja porque tiene tres sistemas de bombeo. En términos de inversión en tuberías, también es la mejor, pues los dos tramos de impulsión finales, no solo tienen menor diámetro sino también son de resistencia menor pues su altura de elevación no supera los 60 m.c.a. en el mejor de los casos (y por lo tanto bastaría con una tubería que resista una presión de servicio de 10 kgf/cm², tubería de uso normal en las redes públicas)

El análisis comparativo técnico-económico entre estas dos últimas alternativas determina que la mejor de ellas es la tercera, que además operativamente es más lógica. Tiene un menor costo de inversión inicial y un menor costo anual de energía. En Anexo se incluye tabla comparativa de costos de inversión y costos anuales de energía.

Por otra parte, para la tercera alternativa también hay algunas variaciones en las combinaciones tubería-bomba, dependientes esencialmente del material elegido para la impulsión, en su primer tramo. En este caso se ha comparado la instalación de tres tuberías, una en acero de DN=200 mm y dos en HDPE, PN20, de diámetros 200 y 250 mm, cada una asociada a una bomba diferente, de manera de satisfacer los requerimientos de caudal y altura en cada caso. La combinación de menor costo resulta ser tubería de HDPE D=200mm, con bomba KSB Multitec de 55 kW.

4.7 REGULACIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN

El volumen de regulación de una comunidad o un loteo, como es este caso, está vinculado a cubrir los requerimientos que pueda tener la variación del consumo durante un día cualquiera, al cual se debe agregar un volumen para cubrir alguna emergencia por

falta de suministro. Esta es lo usual en un loteo habitacional, pero en este caso se trata de un loteo industrial, en que el principal consumo corresponde al realizado por la producción agrícola (optimizado en este caso por la hidroponía), por lo cual este criterio podría ser cuestionado. Sin embargo el sistema de producción que se proyecta desarrollar tiene considerado una recirculación y máximo aprovechamiento del recurso hídrico, para lo cual se dispone en cada galpón, de un estanque enterrado de 5 m³ para realizar dicha recirculación. Adicionalmente se proyecta la instalación de un estanque de 10 m³ para cubrir eventual déficit en la demanda.

En consecuencia el volumen de regulación se determina principalmente en función de los requerimientos domiciliarios.

En este contexto, tomando en cuenta que el loteo está dividido en 3 sectores y que el estudio de alternativas de impulsión dio como resultado que la mejor combinación implicaba la construcción de 3 estanques, es esta la disposición que se adopta en el presente estudio, con cada estanque dimensionado de acuerdo a la cantidad de sitios que quedan bajo su influencia.

En relación a la red de distribución, la disposición de los sitios del loteo no genera diferentes alternativas de diseño. De esta forma se proyecta un sistema de distribución mediante red abierta para los dos sectores más altos, mientras que para el sector más bajo y de mayor tamaño se proyecta una red mediante circuitos cerrados. La ubicación de cada estanque se determina de tal forma que ningún sitio quede fuera del rango de presiones exigido por norma.

5. BASES DE DISEÑO

5.1. GENERALIDADES DEL DISEÑO

Los parámetros de diseño considerados para la ejecución del proyecto de abastecimiento de agua al loteo Alto la Portada – ASGRALPA son los indicados en la siguiente Tabla:

Tabla 5.1 Parámetros de diseño

Parámetros	Unidad	Valor
Factor de diseño	-	1.3
Caudal Nominal (Alimentación Planta Desaladora)*	L/s	38.5
Caudal de diseño (Alimentación Planta Desaladora)	L/s	50
Temperatura de diseño	°C	22
Disponibilidad Planta Desaladora**	%	98
Disponibilidad sistema de impulsión	%	98
Horas totales de operación al día de planta desaladora y sistema de impulsión	Horas/día	24

$$* \text{ Caudal Nominal} = \frac{\text{Agua alimentada a la planta en un año}}{\text{Horas de operación en un año}}$$

$$** \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Numero de dias de operacion/ año} \times 100}{365 \text{ días/año}}$$

5.2 CALIDADES DE AGUA

5.2.1 Calidad de Agua de Alimentación

La siguiente tabla presenta una calidad típica de agua de mar de la costa norte de Chile. La calidad de agua es poco variable, sin embargo, deberá ser confirmada a través de campaña de muestreo durante una futura etapa de ingeniería, especialmente en lo referente a aceites, grasa y sólidos suspendidos.

Tabla 5.2 Calidad de Agua de Mar de Alimentación a la Planta.

Parámetro	Unidad	Valor
pH	-	7.5
TDS	mg/L	35.5
Temperatura	°C	22
Aluminio	mg/L	0.1
Amonio	mg/L	0.3
Boro	mg/L	4.7
Bario	mg/L	0.01
Bicarbonato	mg/L	112
Bromo	mg/L	6.7
Dióxido de Carbono	mg/L	4.1
Calcio	mg/L	420
Carbonato	mg/L	4.1
Sodio	mg/L	10945
Cloruro	mg/L	19,700
Cobre	mg/L	1
Fluoruro	mg/L	0.6
Hierro	mg/L	0.004
Magnesio	mg/L	1,310
Manganeso	mg/L	0.06
Nitrito	mg/L	< 0.1
Nitrato	mg/L	0.7
Fosfato	mg/L	100
Potasio	mg/L	390
Estroncio	mg/L	13
Sílice (coloidal)	mg/L	3
Sílice (soluble)	mg/L	8
Sulfato	mg/L	2,750
Zinc	mg/L	0.006
DBO5	mg/L	3
DQO	mg/L	6
Turbiedad	NTU	5
Aceites y Grasas	mg/L	10

5.2.2 Calidad del Agua Requerida por ASGRALPA

Los requerimientos de ASGRALPA en cuanto a calidad de agua es la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 5.3 Requerimiento de Calidad de Agua Producto

Parámetro	Unidad	Requerimiento ASGRALPA
pH	-	7
Temperatura	°C	
Sólidos disueltos totales, TDS	ppm	250 - 800
Sales		
Alcalinidad (HCO ₃ ⁻)	ppm	195
Conductividad Eléctrica	dS/m	0.5 - 1.2
Cloruro	ppm	< 250
Sodio	ppm	< 148
Sulfato	ppm	148
Boro	ppm	< 0.4
Calcio	ppm	
Cobre	ppm	0.01
Cromo	ppm	0.007
Fluoruro	ppm	0.8
Hierro	ppm	0.2
Magnesio	ppm	30
Manganeso	ppm	0.01
Selenio	ppm	0.001
Zinc	ppm	0.03
Arsénico	ppm	0.01
Cadmio	ppm	0.0003
Cianuro	ppm	0.001
Mercurio	ppm	0.0001
Nitrato	ppm	0.6
Nitrito	ppm	0.003
Plomo	ppm	0.03

5.2.3 Calidad del Agua de Rechazo

La composición del efluente de rechazo que se vierte o se devuelve al mar, debe ajustarse al D.S. 90/00 del MINSAL, el cual establece las normas de emisión para el control de contaminantes asociados con efluentes que se incorporan al mar o cuerpos de agua continental. La norma también define una fórmula para estimar la Zona de Protección Litoral (ZPL), la cual define una franja específica protegida sobre la línea costera chilena, la cual es calculada a partir de información de batimetría y datos oceánicos. Las descargas de salmuera se realizan fuera de la ZPL. La Tabla 4.4 presenta los límites máximos de concentración permitidos al interior y más allá de la ZPL, de acuerdo al D.S. 90/00 del MINSAL.

Tabla 5.4 Límites máximos de concentración permitidos al interior y más allá de la zona de protección litoral (ZPL), de acuerdo al D.S. 90/00 del MINSAL

Parámetro	Unidad	Dentro de la ZPL	Fuera de la ZPL	Modificación después de 10 años
Aceite y grasa	mg/L	20	350	150
Aluminio	mg/L	1	10	
Arsénico	mg/L	0.2	0.5	
Cadmio	mg/L	0.02	0.5	
Cianuro	mg/L	0.5	1	
Cobre total	mg/L	1	3	
Coliformes fecales o	NMP/100	1000 – 70*		
Índice de fenol	mg/L	0.5	1	
Cromo (Cr+6)	mg/L	0.2	0.5	
Cromo Total	mg/L	2.5	10	
DBO5	mg O2/L	60		
Estaño	mg/L	0.5	1	
Fluoruro	mg/L	1.5	6	
Fósforo	mg/L	5		
Hidrocarburos totales	mg/L	10	20	
Hidrocarburos	mg/L	1	2	
Hierro disuelto	mg/L	10		
Manganeso	mg/L	2	4	
Mercurio	mg/L	0.005	0.02	
Molibdeno	mg/L	0.1	0.5	
Níquel	mg/L	2	4	
Nitrógeno Kjeldal total	mg/L	50		
pH		6 - 9	5.5 - 9	
Plomo	mg/L	0.2	1	
Azul de metileno	mg/L	10	15	
Selenio	mg/L	0.01	0.03	
Sólidos sedimentables	mg/L	5	50	20
Sólidos suspendidos	mg/L	100	700	300
Sulfuros	mg/L	1	5	
Zinc	mg/L	5	5	
Temperatura	mg/L	30		

- En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se debe sobrepasar los 70 NMP/100 ml.

5.3 BASES DE DISEÑO POR ETAPAS DEL PROYECTO

5.3.1 Captación de Agua de Mar

El primer tema a solucionar ha sido la elección del lugar más apropiado para ubicar el conjunto de obras que comprende el sistema de captación, pues en el borde costero frente al loteo se emplaza el monumento natural La Portada. Este monumento tiene asociado una zona de protección de 31,3 Hás, lo que significa que a un kilómetro al norte ya está liberada la zona.

En este contexto las alternativas de captación se proyectan hacia el norte de esta zona de protección y consiste en una captación submarina al interior del mar.

El lugar seleccionado para el emplazamiento de la captación en el interior del mar corresponde a la zona encuadrada por los vértices con coordenadas 23°29'16" S y 70°26'05" O, 23°29'26" S y 70°26'50" O, 23°29'12" S y 70°26'43" O y finalmente 23°29'03" S y 70°26'56" O.

La planta elevadora requerida para el sistema de succión debe tener las siguientes características:

Diferencia geométrica de elevación	= 30 m
Altura Geométrica de elevación (H_G)	= 20 m
Caudal	= 20 l/s
Tiempo de funcionamiento	= 24 hrs

Otras condiciones de diseño se incluyen a continuación.

i) Línea de captación de toma de agua:

- El punto de captación de agua de mar se ubicará a una profundidad mayor o igual a 10 m bajo el nivel de referencia.
- Un cajón de succión será ubicado en el fondo marino, el que tendrá aberturas equipadas con rejillas para minimizar la infiltración de desechos y/o vida acuática dentro del sistema de desalinización.
- La tubería de agua de mar será conectada a la base del cajón de succión y suministrará agua de mar mediante bombeo hasta un estanque a construir sobre la plataforma superior del acantilado en la zona.
- El material de la tubería será polietileno de alta densidad (HDPE) o similar.

ii) Sistema de bombeo de agua de mar:

- Consistirá en una succión directa desde el exterior del borde costero, mediante equipo de bombeo apropiado para este tipo de funcionamiento, ubicado sobre tierra en el borde costero, en la plataforma superior del acantilado.
- La planta debe considerar complementariamente la instalación de un sistema de vacío para el mantenimiento cebado de la tubería de aspiración.

iii) Sistema control biológico

- Control biológico a través de biocida: una descarga intermitente de cloro será suministrada. Por lejos el biocida más comúnmente usado debido a su bajo costo

y efectividad, es el más conocido, aceptado y prontamente disponible. Este se dosificara previo al ingreso del agua al estanque, con el propósito de eliminar la posible materia orgánica existente, evitando así cualquier interferencia que pueda producir su crecimiento o desarrollo.

5.3.2 Pre-tratamiento

Previo a su paso por las membranas de Osmosis Inversa, el agua es sometida a una serie de procesos tendientes a acondicionarla. El agua de mar captada y clorada ingresa a:

- Desarenadores para eliminar sólidos en suspensión que pueden ensuciar las membranas del modulo de osmosis inversa, eliminando partículas gruesas de fácil decantación. Se considera la dosificación de un coagulante para aglomerar los coloides (sólidos en suspensión) de tal forma de alcanzar un mayor tamaño para que puedan ser retenidos posteriormente en los filtros.
- Sistema DAF (Disssolved air flotation) Este proceso es muy efectivo y eficiente en términos de remoción de material particulado presente en el agua. Esta cualidad es excepcionalmente apropiada para el caso flóculos de baja densidad (ej. algas, flóculos conformados a partir de coloides de pequeños diámetro causantes de color y baja turbiedad).
- Posteriormente el agua pasa a través de dos sistemas de filtración multi-capa en serie, en orden de retener los sólidos en suspensión. Las capas progresivamente más finas de medio filtrante incrementan la retención de partículas más pequeñas. Los arreglos del medio (más grueso y menos denso en la parte superior y más fino y denso en el fondo) permiten al filtro estar en servicio por largos periodos de tiempo antes de requerir un retrolavado. Los filtros de medios filtrantes duales extraen sólidos suspendidos de tamaños de 10 a 20 micrones. La capa superior típica contiene antracita seguida de arena fina. Para el retrolavado de estos filtros se empleara salmuera a contracorriente. El desagüe producto del retrolavado de los filtros será acumulado en un estanque, mezclándose con el agua de descarte del modulo de OI.
- Sistema de inyección de productos químicos, tales como: meta-bisulfito y anti-incrustante, entre otros, a fin de asegurar la operación continua de la osmosis inversa, evitando así daños en las membranas. Meta-bisulfito para neutralizar el cloro remanente y antiincrustante para evitar las incrustaciones de sales en las membranas.
- Sistema de filtros de cartucho, ultima unidad operativa por la cual el agua pasara antes de ingresar al modulo de OI. Con esto, aseguramos al mínimo el ingreso de sólidos en suspensión a las membranas (retiene partículas 1 a 25 micrones).

5.3.3 Modulo de Osmosis Inversa

El agua de mar pre-tratada, es impulsada mediante la bomba de alta presión hacia las membranas donde se produce el fenómeno de desalinización. Dos corrientes de agua se separan a partir de las membranas, una de baja salinidad denominada permeado, y otra de alta concentración de sales llamada rechazo que arrastra las sales no permeadas. La energía de la corriente del rechazo puede ser aprovechada por medio de un sistema de recuperación energética, que disminuya el consumo energético de la bomba de alta

presión, bien sea a través de un acoplamiento mecánico al mismo eje de la bomba, o por acoplamiento hidráulico a la corriente de alimentación.

El modulo de osmosis inversa consiste principalmente en:

- Bombas de alta presión: encargada de elevar la presión del agua de alimentación al sistema de osmosis inversa por sobre la osmótica.
- Tubos de presión conteniendo membranas (SW30HLR-400) capaces de remover el boro.
- Unidad de intercambio de energía para mejorar la eficiencia energética del proceso recuperando la energía residual contenida en la salmuera antes de que ésta sea descargada al mar.
- Un sistema de limpieza in-situ (CIP o Clean-In-Place) deberá ser suministrado para limpiar las membranas de OI de materia biológica, partículas o incrustaciones.

5.3.4 Pos-tratamiento del Permeado

- Implementar sistema de mineralización y acondicionamiento de pH.
- Implementar sistema de desinfección

5.3.5 Sistema de Descarga de Salmuera

La tubería de descarga de salmuera será ubicada aguas abajo de la tubería de aducción de la toma de agua de mar, descargando a 200 metros, aproximadamente, de la línea costera. El extremo de la tubería de descarga de salmuera será equipado con difusores para lograr la dispersión; estará anclada al fondo marino, y será polietileno de alta densidad (HDPE) o similar.

5.3.6 Sistema de Elevación e Impulsión hacia loteo agrícola

Las bombas deberán ser del tipo multietapa, dada la diferencia geométrica de cotas entre los extremos de la impulsión.

Las tuberías serán de HDPE de alta resistencia, PN20 para el tramo 1, PN10 para los otros dos tramos de impulsión establecidos en el estudio de alternativas.

Las pérdidas de carga se calculan con la expresión de Hazen-Williams:

$$J = 0,00211 \left[\frac{100}{C} \right]^{1,852} \frac{Q^{1,852}}{D^{4,871}}$$

en que:

- J = pérdida de carga por unidad de longitud (m/m)
- C = coeficiente de Hazen-Williams (adimensional)
- D = diámetro interior de la tubería (en metros)
- Q = caudal de diseño (m³/s)

Para la verificación por golpe de ariete, tradicionalmente se aplica la expresión de Joukowski, que entrega los valores máximo y mínimo de presión durante este fenómeno. Si bien la tubería no es rígida, la aplicación de la expresión va por el lado de la seguridad.

Las expresiones de Joukowski, son las siguientes:

$$H_{m\acute{a}x} = H_G - JL + \frac{aV}{g}$$

$$H_{m\acute{i}n} = H_G + JL - \frac{aV}{g}$$

en que:

H_G	= desnivel geométrico (m)
J	= pérdida de carga unitaria (m/m)
L	= longitud del tramo (m)
a	= celeridad de la onda de golpe de ariete (m/s)
v	= velocidad normal del flujo (m/s)
g	= aceleración de gravedad (m/s^2)

Por su parte la celeridad de la onda se determina mediante la expresión:

$$a = \sqrt{\frac{1}{48,3 + k \frac{D}{e}}}$$

siendo en este caso:

k	= coeficiente que depende de la elasticidad del material
D	= diámetro exterior de la tubería
e	= espesor de la pared de la tubería

Para el caso del HDPE, el coeficiente k vale 35,587.

5.3.7 Regulación y Red de Distribución

Las tuberías de la red de distribución serán en HDPE, para una presión de servicio de 10 kgf/cm^2 (PN10).

Las presiones de la red se deben enmarcar dentro de las establecidas por la norma de agua potable.

6. LISTADO DE ANTECEDENTES LEGISLATIVOS ATINGENTE AL PROYECTO

En el presente capítulo se listan las normas de carácter ambiental a cumplir, conforme a la Legislación de Carácter Ambiental Vigente. En primer lugar, se describe la normativa general y específica aplicable al Proyecto, incluyendo las normas de emisión y de calidad ambiental, concentrándose en la normativa asociada a la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y el uso y manejo de los recursos ambientales. En segundo lugar, se presenta el plan de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable. En Anexo se describe en mayor detalle la ley y su relación con el proyecto.

6.1 NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL

- **Norma:** D.S. 100/2005 Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Constitución Política del Estado.
- **Norma:** Ley N° 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley N° 20.417.
- **Norma:** D.S. 30 Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el art. 2 del D.S. N°95/2001.

6.2. NORMATIVA RELATIVA AL COMPONENTE AMBIENTAL AIRE

- **Norma:** Decreto Supremo N° 144. Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza
- **Norma:** Art. 5.8.3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones
- **Norma:** Decreto Supremo N° 138. Establece obligación de declarar emisiones que indica.
- **Norma:** Decreto Supremo N° 146. Reglamento Sobre Niveles Máximos Permisibles de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas

6.3 NORMATIVA REFERIDA A LOS RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS

- **Norma:** Decreto Supremo 90. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las descargas de residuos Líquidos a Aguas marinas y Continentales Superficiales
- **Norma:** Decreto Supremo N°1. Reglamento para el control de contaminación acuática
- **Norma:** DFL N° 725 Código Sanitario
- **Norma:** Decreto Supremo N° 594. Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo (modifica el D.S. N° 745/92).
- **Norma:** D.S. 148/03 Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos.
- **Norma:** D.S. 298/95 Reglamenta transporte de carga peligrosa por calles y caminos (modificado por el decreto 198/2000).
- **Norma:** Resolución Exenta N° 133 Regulaciones Cuarentenarias para el ingreso de embalajes de madera.

6.4 OTRAS NORMATIVAS

- **Norma:** Decreto Supremo N° 160/08, Aprueba Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos.
- **Norma:** D.F.L. N°1 Materia que Requieren Autorización Sanitaria Expresa.
- **Norma:** Ley N°17.288 Sobre Monumentos Nacionales
- **Norma:** D.S. 686/99. Establece Norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica.
- **Norma:** Ley N°19.473 Ley de Caza
- **Norma:** DS N°75 Regula las condiciones para el transporte de algunos tipos de cargas.
- **Norma.** DFL 850 Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la ley N°15.840 y del DFL N°206, sobre construcción y conservación de caminos.

7. PREDISEÑO DEL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

7.1. CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR

Es una toma vertical conectada a la tubería de succión, ubicada en las coordenadas 23°29'16,68" latitud sur y 70°26'54,18" longitud oeste, la cual llega hasta la playa en las coordenadas 23°29'07,51" latitud sur y 70°26'48,46" longitud oeste. Desde allí sube en una inclinación próxima a la vertical para descargar el agua captada mediante bombeo, al estanque N° 1 de 100 m³, emplazado en la planicie superior, a pocos metros del borde del acantilado.

La tubería será de HDPE, de clase PN10, de 280 mm de diámetro nominal, internada 320 m al interior del mar, distancia medida desde el borde costero.

La planta elevadora proyectada considera complementariamente la instalación de un sistema de vacío para el mantenimiento cebado de la tubería de aspiración. Adicionalmente se considera la instalación de un sistema de aire comprimido, a aplicar en la zona de captación para alejar de ese lugar a especies marinas que puedan interferir o eventualmente bloquear la toma. Se consultan dos compresores, que operarán alternadamente.

El equipo de bombeo seleccionado tiene las siguientes características:

Caudal	= 50 l/s
Altura dinámica de elevación (TDH)	= 39 m
Potencia	= 24 kW
Cantidad de bombas	= 2 (una de reserva)

Este sistema de bombeo será reforzado con un sistema de vacío, el cual será utilizado para el llenado inicial de la tubería de aspiración y posteriormente será utilizado para eliminar el aire que pudiera quedar contenido en la misma. Este sistema de vacío está conectado a la tubería de aspiración, en el punto alto de la tubería sobre la plataforma horizontal superior que tiene el acantilado costero, previo al ingreso al estanque de acumulación. Desde ese punto se dispone de una tubería de succión que se conectará al sistema de vacío.

Desde el estanque N° 1 costero, se ha proyectado otro sistema de impulsión para llevar el agua de mar hasta la planta de desalación. Esta impulsión será también en HDPE, PN10, de diámetro nominal 280 mm y 107,6 m de longitud. Por su parte la planta elevadora tiene las siguientes características:

Caudal	= 50 l/s
Altura dinámica de elevación (TDH)	= 16 m
Potencia	= 10 kW
Cantidad de bombas	= 2 (una de reserva)

7.2 PLANTA DE DESALACIÓN

La planta fue diseñada para producir 20 L/s de agua producto (permeada) en un solo paso y con una recuperación de 40 %. Su construcción es robusta y posee además

un diseño que incorpora un sistema de post enjuage (post flush) de los tubos de presión, con agua cruda o de alimentación, con el fin de minimizar el ensuciamiento de las membranas y corrosión de las cañerías durante los periodos de detención de la planta.

La planta de Osmosis Inversa cotizada a AQUAVANT, incorpora los siguientes componentes generales:

- Sistema de filtros de multimedia 8etapa de pre-tratamiento
- 1 Carcasa de filtros de cartucho.
- 1 Bomba de alta presión
- 1 Sistema de Recuperación de Energía PX intercambio presión
- 24Tubos de presión, capacidad 6 elementos c/u.
- 144 Membranas para OI del tipo SW, DOW o Hydronautics o similar.
- 1 PLC Allan Bradley.
- 1 Variador de Frecuencia de acuerdo a NEMA 1 para 380V/3/50Hz
- 2 Fluxómetros (Permeado / rechazo).
- 1 Touch screen, Magellis o similar.
- 1 Controlador/ sensor de Conductividad/TDS.
- 1 Sistema de Lavado de membranas in situ.
- 1 Sistema dosificador de productos químicos
- Manómetros en acero inoxidable.
- Válvulas de muestreo.
- 2 Válvulas electromecánicas (alimentación / flushing).
- Conectores para limpieza de membranas in situ.
- Cañerías en acero inoxidable 316. (Alta presión > 125 psi).
- Cañerías en PVC Sch80. (Baja presión < 125 psi).
- Sistema de dosificación para el pos-tratamiento

La planta está equipada con un sistema de recuperación de energía y para efectuar una operación totalmente automatizada. Incorpora elementos especiales CIP (equipo para la limpieza in situ de las membranas) y tubos de presión heavy duty. El sistema completo será controlado por un PLC y supervisado a través de una interface humana ubicada en una sala de control. El sistema de control será capaz de operar en forma automática, con una intervención mínima del operador.

Los sistemas de pre-tratamiento y de osmosis inversa requieren de adición de productos químicos, con el objeto de mantener en buen estado las membranas de osmosis inversa y asegurar el desempeño de los equipos de filtrado. El precio unitario de los productos químicos se ha estimado en base a cotizaciones de proveedores locales. La dosificación de productos químicos dependerá principalmente de la calidad del agua que alimente a la planta desalinizadora, por lo tanto, los valores deberán ser confirmados a través de pruebas piloto en una futura etapa de ingeniería. Los costos de productos químicos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7.1 Insumos Químicos y su Uso

Producto Químico	Objetivo	Costo unitario	Densidad Insumo	%	Dosis	Volumen de insumo
		US\$/kg	Kg/m ³	p/p	Kg/m ³	m ³ /día
Cloración (Hipoclorito de sodio)	Desinfección y oxidación	0.389	1155	10	0.01	0.374
Coagulante (Cloruro Férrico)	Agrupación de partículas como coágulos (mayor retención en filtros.)	0.217	1420	40	0.005	0.038
Polímero Floculante	Aglomeración de coágulos para aumentar retención en los filtros.	3.75	1200	35	0.0005	0.005
Anti-incrustante (ej. polímero dispersante)	Prevención de incrustaciones de sales en las membranas	4.55	1000	100	0.002	0.009
Meta-bisulfito de Sodio	Eliminación de cloro residual que oxida y daña las membranas de OI	0.135	1330	38	0.0045	0.038

7.3 SISTEMA DE DESCARGA DE SALMUERA

El sistema de descarga está constituido por una tubería de HDPE, PN 6, de 200 mm de diámetro nominal, de 327 m de longitud, de los cuales 110 m se desarrollan enterrados en la plataforma superficial del acantilado, 17 m en el talud casi vertical y los restantes 200 m bajo el agua.

La descarga se ha proyectado realizarla mediante un difusor emplazado a 8 m de profundidad. En la zona de rompiente se consulta protección de la tubería mediante dado de hormigón y enrocado, para más al interior del mar.

Cercano a la zona de descarga, la tubería tiene lastres de hormigón para afianzarla en el fondo del lecho marino.

7.4 SISTEMA DE ELEVACIÓN E IMPULSIÓN DE AGUA DESALADA HACIA LOTE O AGRÍCOLA

De acuerdo a la comparación de alternativas presentado en 4.6, la mejor combinación ha quedado establecida en tres tramos de impulsión, todos en HDPE. El primero de ellos, dada la altura dinámica de elevación, debe ser de clase PN20. Los otros dos en clase PN10.

El primer tramo de impulsión, el más largo, tiene una longitud de 5.400 m y se ha proyectado en 200 mm de diámetro. Las características generales de este tramo son las siguientes:

- Material = HDPE
- Diámetro = 200 mm
- Clase = PN20
- Desnivel geométrico = 160 m
- Pérdida de carga = 33,5 m.c.a.
- Altura dinámica de elevación (TDH) = 193,5 m.c.a.
- Caudal de diseño = 20 l/s
- Coeficiente de Hazen-Williams = 150

El equipo de bombeo proyectado debe ser equivalente al siguiente:

- Bomba = KSB multietapa
- Modelo = Multitec 100 8.1
- rpm = 1.450 rpm
- Etapas = 11
- Potencia = 55 kW
- Eficiencia = 78%

Serán 2 bombas, con funcionamiento alternado.

En relación a la verificación por golpe de ariete, aplicando las expresiones de Joukowski resultan los extremos siguientes:

$$H_{\text{máx}} = 188,3 \text{ m.c.a.}$$

$$H_{\text{mín}} = 143,7 \text{ m.c.a.}$$

valores que no representan problema para la clase de tubería seleccionada.

El segundo tramo de impulsión diseñado tiene las siguientes características:

- Material = HDPE
- Diámetro = 63 mm
- Clase = PN10
- Desnivel geométrico = 66 m
- Longitud = 600 m
- Pérdida de carga = 0,3 m.c.a.
- Altura dinámica de elevación (TDH) = 63,3 m.c.a.

- Caudal de diseño = 0,8 l/s
- Coeficiente de Hazen-Williams = 150

El equipo de bombeo proyectado debe ser equivalente al siguiente:

- Bomba = KSB multietapa
- Modelo = Meganorm 32/250
- rpm = 2.900 rpm
- Rodete = 229
- Potencia = 6,6 kW
- Eficiencia = 45%

También serán 2 bombas, con funcionamiento alternado. Dadas las características de la tubería y la menor altura de elevación, no requiere de verificación por golpe de ariete.

Finalmente el tercer tramo de impulsión diseñado tiene las siguientes características:

- Material = HDPE
- Diámetro = 50 mm
- Clase = PN10
- Desnivel geométrico = 46 m
- Longitud = 1.341 m
- Pérdida de carga = 6,7 m.c.a.
- Altura dinámica de elevación (TDH) = 52,7 m.c.a.
- Caudal de diseño = 0,6 l/s
- Coeficiente de Hazen-Williams = 150

El equipo de bombeo proyectado debe ser equivalente al siguiente:

- Bomba = KSB multietapa
- Modelo = Meganorm 25/200
- rpm = 2.900 rpm
- Rodete = 209
- Potencia = 4 kW
- Eficiencia = 42%

También serán 2 bombas, con funcionamiento alternado. Igualmente que en el caso anterior, por las características de la tubería y la altura de elevación, no requiere de verificación por golpe de ariete.

7.5 REGULACIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DESALADA

El volumen de regulación por concepto de consumo domiciliario, de acuerdo a la normativa vigente debe estar comprendido entre un 11% y un 20% del consumo mensual. Adoptando un 12%, para cada sector los resultados del volumen requerido y del adoptado son los siguientes:

- Loteo más alto: $V = 137 \text{ m}^3$, adoptándose $V = 150 \text{ m}^3$
- Loteo intermedio: $V = 43 \text{ m}^3$, adoptándose $V = 50 \text{ m}^3$
- Loteo inferior: $V = 878 \text{ m}^3$, adoptándose $V = 1.000 \text{ m}^3$

En relación al diseño de la red, esta ha sido modelada con un programa computacional que optimiza los diámetros de acuerdo a las condiciones de borde de presiones y costos que se le imponen. El resultado es el siguiente, siendo todas las tuberías de HDPE en PN10:

- $D = 160 \text{ mm}$, $L = 273 \text{ m}$
- $D = 110 \text{ mm}$, $L = 9,703 \text{ m}$
- $D = 40 \text{ mm}$, $L = 5.465 \text{ m}$

7.6. CONSUMO ENERGÉTICO Y MANEJO DE RESIDUOS

7.6.1. Consumo Energético Global

La siguiente tabla resume los consumos energéticos asociados a los principales componentes que requieren de energía eléctrica, como son las plantas de bombeo.

Tabla 7.2 Resumen de consumos energéticos

TRAMO	POTENCIA [kW]	CONSUMO [kWh/m ³]
Captación	24	0,33
Impulsión a desaladora	10	0,14
Planta Desaladora	324,43	4,51
Impulsión 1	55	0,76
Impulsión 2	6,6	0,09
Impulsión 3	4	0,06

7.6.2. Generación y Manejo de Residuos Industriales Líquidos y Sólidos

Los residuos tales como partículas o especies marinas, algas, arena y otros residuos sólidos como membranas de osmosis inversa y cartuchos de los micro-filtros serán acumulados y dispuestos en un relleno sanitario autorizado.

7.6.2.1 Residuos Industriales Líquidos (RILes)

Generación: El efluente descargado desde la planta desalinizadora es el rechazo de la osmosis inversa. Este efluente cumple con el D.S 90/00 del MINSAL. El volumen diario generado es de aproximadamente 2,592 m³/día.

Manejo y Disposición: La salmuera será descargada en el mar a través de una tubería de 400 m de longitud aproximadamente, dispuesta de difusores para facilitar la homogenización. Ver Anexo B.

7.6.2.2 Generación de Residuos Sólidos (RISes)

Generación: Los residuos que se generarán durante la etapa de operación de la planta desalinizadora son membranas de osmosis inversa, cartuchos, arena y otros tales como algas y sólidos de mayor tamaño que quedan retenidos en los desarenadores. La Tabla 7.3 resume la cantidad de residuos estimados:

Tabla 7.3. Generación de Residuos Sólidos

Residuo	Generación m ³ /año	Carácter del residuo
Membrana OI	44	No peligroso
Filtro cartucho	50	No peligroso
Arena	95	No peligroso

Manejo y Disposición: Las membranas de osmosis inversa y filtros cartucho se almacenarán temporalmente en un área debidamente señalizada en la bodega y posteriormente trasladadas a botadero en forma mensual. La arena y sólidos de gran tamaño serán acopiados en un área cercana a los desarenadores. Se generarán otros residuos en cantidades menores tales como sólidos de gran tamaño que quedarán retenidos en los desarenadores (de carácter no peligroso) y que serán dispuestos junto con la arena (acopio), retirados por camión y llevados a vertedero. Producto de actividades de mantenimiento, se generarán residuos peligrosos como repuestos, guapes, aceites y grasas, que serán almacenados en tambores y llevados a un botadero autorizado.

7.7 SUMINISTRO ELÉCTRICO

El suministro eléctrico para el conjunto de obras que considera la puesta en marcha del loteo agrícola será proporcionado por la empresa ELECDA, para lo cual se considera la construcción de una derivación de su línea de abastecimiento que proviene desde las centrales de Mejillones.

El costo energético asociado al tipo de conexión será de 104 \$/kWh

8. COSTOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

8.1 ESTIMACIÓN DE COSTO DE CAPITAL (CAPEX)

8.1.1 Tipo de Estimación

La Estimación de Costos de Capital (Capex) presentada en el presente informe se clasifica como Clase 5 según los estándares internacionales de AACE (Association for the Advancement of Cost Engineering). El estimado tiene asociada una precisión de +/- 35%, acorde a un estudio de orden de magnitud. En esta etapa de Ingeniería se establecen instalaciones principales junto a los principales procesos, información que será utilizada en futuras etapas del estudio.

8.1.2 Exclusiones

- Consideraciones ecológicas, arqueológicas y ambientales fuera del alcance del proyecto;
- Derechos de caminos y terreno
- Fluctuaciones de tipo de cambio de la moneda base del estimado;
- Fluctuaciones de precios de materiales equipos debido a condiciones especiales del mercado;
- Fluctuaciones de costo de mano de obra debido a condiciones especiales del mercado nacional;
- Costos adicionales por desastres naturales;
- Fletes aéreos para materiales y equipos;
- Disposición de materiales tóxicos o contaminados;
- Condiciones inusuales del mercado en la industria de la construcción;

8.2. BASES DE ESTIMACIÓN

8.2.1 Alcance del Estimado de Costos

El Capex está basado en el alcance de trabajo definido por los estudios de ingeniería que conceptualizan la descripción de las instalaciones, criterios de diseño, diagrama de flujo, listado de equipos principales, cubicación de pipeline y otros antecedentes de diseño. La siguiente información se utilizó en la estimación de costos:

- Diseño de la captación de agua de mar y descarga de salmuera (Anexo B);
- Diseño de la planta de Osmosis Inversa, incluido el pre- y pos-tratamiento (Anexo C)
- Diseño de la impulsión de agua desalada (Anexo E)
- Diseño de la red de distribución de agua en el sector Alto la Portada (Anexo F)

8.2.2 Desarrollo de Cantidades

La metodología utilizada para el desarrollo de cantidades fue:

- Utilizando como referencia cotizaciones de equipos y plantas modulares.
- Equipos principales: especificados en listado de equipos;
- Edificación y construcción de cierres: Factorizados
- Pipeline: entregado como listado de materiales. El fitting fue factorizado;
- Materiales eléctricos y equipos eléctricos menores: Factorizados;
- Instrumentación: Factorizado.

8.2.3 Tipo de Cambio

Las tasas de cambio utilizadas en el presente estudio se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8.1 Tasa de cambio

Moneda Base	Tipo de cambio referido a la moneda base (2011)	Origen
US\$ 1	=CLP 480	Chile

8.2.4 Origen de Precios

El Capex está expresado en dólares estadounidenses del mes de junio de 2011. Todos los equipos y materiales se consideran puestos en sitio.

8.2.5 Precios de Equipos de Planta y Materiales

Los costos de Suministro de Equipos, Materiales e instalación se consideraron de la siguiente forma:

- Los costos del modulo de desalinización fueron cotizados a la empresa AQUAVANT.
- El sistema de captación de agua de mar y Sistema de Efluentes y difusores de agua de mar, fueron basados y/o extrapolado de proyectos similares.
- Pipeline: Los costos de tuberías fueron evaluados y estimados de acuerdo a simulaciones y cotizaciones. Los costos incluyen recubrimientos, suministros e instalación. Se ha asignado una provisión para fitting, pruebas y otros trabajos asociados.
- Eléctrica: Los materiales eléctricos (cables, escalerillas, conduits, etc.) fueron factorizados como un porcentaje del costo de los equipos principales. El costo de

- los equipos eléctricos, incluida las líneas eléctricas, subestaciones y salas eléctricas, fue factorizada como un porcentaje del costo de equipos principales.
- Instrumentación: factorizada como un porcentaje del costo de los equipos principales

8.2.6 Costos Indirectos de Construcción

Este costo ha sido factorizado del total de costos directos e incluye:

- Instalaciones Temporales de Construcción: Incluye áreas temporales de trabajo, caminos temporales, cercos, estacionamientos, servicios como agua, electricidad y alcantarillado, energía y otras construcciones temporales menores.
- Soporte a la Construcción: Limpieza inicial y final, bodegaje de materiales y casa de cambio, servicios generales, mantención y operación de instalaciones temporales, servicios de topografía, catering, etc.

8.2.7 Repuestos

Se ha considera una provisión para repuestos de puesta en marcha. El costo de estos repuestos ha sido factorizado del costos total de los equipos.

8.2.8 Fletes y Transportes

Todos los equipos y materiales se consideran puestos en sitio.

8.2.9 Servicios de Ingeniería, Compras y Administración de la Construcción

Estos costos han sido factorizados como parte del costo directo total.

8.2.10 Contingencia

La contingencia es un elemento en costo para cubrir ítemes que se espera que ocurran en el marco del alcance del proyecto pero que no pueden ser identificados en esta etapa del proyecto (incertezas que son inherentes a la dinámica natural de un proyecto de Ingeniería y Construcción). Se asume que la contingencia será utilizada. La contingencia no cubre costos asociados a cambios de alcance, factores de riesgo de proyectos y todos aquellos ítemes que están excluidos del estimado de costos de capital. La contingencia recomendada para este tipo de estimado es un 10 % de los Costos Directos + Costos Indirectos.

8.3. RESUMEN EJECUTIVO DE COSTOS DE CAPITAL POR MODULO DE OPERACIÓN

Tabla 8.2. Costo de capital del sistema de captación de agua de mar y descarga de Salmuera

COSTO CAPITAL		Factor	US\$
Costo Equipamiento = EC + UEC	PC		216,384
Equipment cost (pumps, camaras, muelle)	EC		206,080
Unlisted Equipment purchase Cost (Unlisted EC)	UEC	0.05	10,304
Unlisted Equipment installation Cost		0.25	2,576
Costo Directo = PC + Instalación + A + B + C + D + E + F + G	DC		441,836
Piping (tubos, fitting, valvulas , soportes, etc)	A	0.15	32,458
Instrumentación (instrumentos de control)	B	0.01	2,164
Muelle y Torre de captacion	C	0.3	64,915
Facilidades eléctricas	D	0.01	2,164
Lanzamiento	E	0.1	21,638
Yard Improvement (excavaciones, movientos de tierra, etc)	F	0.4	86,554
Equipos complementarios auxiliares (compresores, etc.)	G	0.06	12,983
Costo Indirecto = IN + CO	CI		88,367
Ingenieria (documentación)	IN	0.18	79,530
Construcción (asociado a la organización)	CO	0.02	8,837
Otros Costos	OC		106,041
constructor's fees (canon del contratista)		0.1	53,020
Contingencia		0.1	53,020
Capital Fijo Directo= DC + CI + OC	DFC		636,243

Tabla 8.3 Costo capital Planta Desaladora

COSTO CAPITAL		Factor	US\$
Costo Equipamiento = EC + UEC	PC		1,443,762
Equipment cost (RO; Filtros Multim., Inc. Montaje)	EC		1,343,034
Unlisted Equipment purchase Cost (DAF; sistema pos-tratamiento)	UEC	0.075	100,728
Costo Directo = PC + Instalación + A + B + C + D + E + F + G	DC		1,760,214
Instalación y/o montaje (de equipamiento no enlistado)	Instalación	0.25	25,182
Piping (tubos, fitting, valvulas, soportes, etc)	A	0.025	2,518
Instrumentación (instrumentos de control de procesos)	B	0	0
Aislación	C	0	0
Facilidades eléctricas (postación, iluminación, otros)	D	0.05	72,188
Edificio (galpon, baños, casa cambio)	E	0.05	72,188
Obras Civiles (excavaciones, cierre, calles, etc)	F	0.05	72,188
Facilidades auxiliares (compresores, ventiladores, etc.)	G	0.05	72,188
Costo Indirecto = IN + CO	CI		88,011
Ingeniería (documentación)	IN	0.025	44,005
Construcción (asociado a la organización)	CO	0.025	44,005
Otros Costos	OC		277,234
constructor's fees (canon del contratista)		0.05	92,411
Contingencia		0.1	184,822
Capital Fijo Directo= DC + CI + OC	DFC		2,125,458

Tabla 8.4 Costo de capital de sistema de impulsión de agua desalada

COSTO CAPITAL		Factor	US\$
Costo Equipamiento = EC + UEC	PC		510,300
Equipment cost	EC		486,000
Unlisted Equipment purchase Cost (Unlisted EC)	UEC	0.05	24,300
Costo Directo = PC + Instalación + A + B + C + D + E + F + G	DC		688,905
Piping (fitting, valvulas, soportes, etc)	A	0.05	25,515
Instrumentación (instrumentos de control de procesos)	B	0.04	20,412
Aislación	C	0	0
Facilidades eléctricas	D	0.05	25,515
Obras civiles	E	0.05	25,515
Movimiento de tierras (excavaciones, cierre, calles, etc)	F	0.15	76,545
Facilidades auxiliares (compresores, ventiladores, etc.)	G	0.01	5,103
Costo Indirecto = IN + CO	CI		20,667
Ingeniería (documentación)	IN	0.025	17,223
Construcción (asociado a la organización)	CO	0.005	3,445
Otros Costos	OC		106,436
constructor's fees (canon del contratista)		0.05	35,479
Contingencia		0.1	70,957
Capital Fijo Directo= DC + CI + OC	DFC		816,008

Tabla 8.5 Costo de capital del sistema de red de distribución

COSTO CAPITAL		Factor	US\$
Costo Equipamiento = EC + UEC	PC		574,145
Estanques	EC		447,917
Tuberías	T		126,228
Costo Directo = PC + Instalación + A + B + C + D + E + F + G	DC		946,756
Piping (tubos especiales, fitting, valvulas , soportes, etc)	A	0.1	12,623
Instrumentación (instrumentos de control)	B	0.01	5,741
Aislación	C	0	0
Facilidades eléctricas	D	0.01	5,741
Obras civiles	E	0.007	4,019
Movimiento de tierras	F	0.55	315,780
Facilidades auxiliares (compresores, ventiladores, etc.)	G	0.05	28,707
Costo Indirecto = IN + CO	CI		33,136
Ingeniería (documentación)	IN	0.025	23,669
Construcción (asociado a la organización)	CO	0.01	9,468
Otros Costos	OC		146,984
constructor's fees (canon del contratista)		0.05	48,995
Contingencia		0.1	97,989
Capital Fijo Directo= DC + CI + OC	DFC		1,126,877

8.4 RESUMEN GLOBAL DE COSTOS DE CAPITAL DEL PROYECTO ASGRALPA

La siguiente tabla muestra un resumen del Estimado de Costos de Capital (Capex)

Tabla 8.6 Resumen Capex

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO US\$
Costos Directos	Sistema Captación/descarga	441.836
	Modulo de Osmosis Inversa	1.760.214
	Sistema de Impulsión	688.905
	Red de distribución	946.756
	Subtotal costos directos	3.837.711
Costos Indirectos	Sistema Captación/descarga	88.367
	Modulo de Osmosis Inversa	88.011
	Sistema de Impulsión	20.667
	Red de distribución	33.136
	Subtotal costos indirectos	230.181

Otros costos	Sistema Captación/descarga	106.041
	Modulo de Osmosis Inversa	277.234
	Sistema de Impulsión	106.436
	Red de distribución	146.989
	Subtotal otros costos	636.694
	Total general	4.704.586

8.5 ESTIMACIÓN DE COSTO DE OPERACIÓN

8.5.1. Bases de Estimación

Las siguientes bases de estimación (Tabla 8.7) se consideraron para la determinación del costo operacional de la planta desalinizadora.

Tabla 8.7. Consideraciones para determinación de costo de operación

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Disponibilidad del sistema	%	98
Disponibilidad del sistema	días/año	360
N° de pasos de osmosis inversa	-	1
Recuperación	%	40
Vida útil de membranas	Años	3
Costo reposición de membranas	US\$/membrana	700
Costo reposición filtro de cartuchos	US\$/m ³	0.02
Costo mensual personal supervisor /Analista Químico (1)	US\$/mes	3000
Costo mensual personal operador-mantenedor (3)	US\$/mes	3000
Costo mensual personal mecánico / eléctrico (1)	US\$/mes	1500
Costo Repuestos (% Costo Directo) Planta Desaladora	%	1
Costo Repuestos (% Costo Directo) Impulsión	%	1.5
Precio energía eléctrica	US\$/kWh	0.25
Contingencia	%	15

8.5.2 Resumen del Costo de Operación por modulo de operación

El costo de operación anual del sistema compuesto por la planta desalinizadora, sistema de impulsión y red de distribución es aproximadamente US\$ 56,7 M con un costo unitario total de producción de US\$ 3,31/m³ puesto en el sector alto la portada.

En la Tabla 8.8 se presenta el detalle de los costos operacionales asociados al sistema de desalinización, la Tabla 8.9 presenta los costos asociados al sistema de impulsión, y la resume los costos totales. El principal costo es el consumo de energía eléctrica, que el cual alcanza un 86,7% del costo de operación total. En el Anexo A se incluye el detalle de los costos de operación.

Tabla 8.8. Resumen de Costos de Operación Captación / Descarga

Costo	Ítem	Costo Anual	Costo Unitario
		US\$/año	US\$/m ³
Variables	Energía Eléctrica	73.094	0,120
	Productos Químicos	9.075	0,006
Fijos	Mantenimiento - Repuestos	5.152	0,008
Total		93.215	0,134

Tabla 8.9. Resumen de Costos de Operación Planta Desalinizadora

Costo	Ítem	Costo Anual	Costo Unitario
		US\$/año	US\$/m ³
Variables	Energía Eléctrica	614.304	0.988
	Productos Químicos	34.059	0.055
Fijos	Personal Operativo	108.000	0.174
	Mantenimiento	26.439	0.043
	Reemplazo de membranas	33.600	0.054
	Reemplazo de filtros cartucho	12.242	0.020
	Programa de análisis	5.000	0.008
Total		833.644	1,342

Tabla 8.10. Resumen de Costos de Operación Sistema Impulsión

Costo	Ítem	Costo Anual	Costo Unitario
		US\$/año	US\$/m ³
Variables	Energía Eléctrica	141.523	0,220
	Productos Químicos	15.558	0,025
Fijos	Mantenimiento – Repuestos	13.395	0.022
Total		170.476	0,267

Tabla 8.11. Resumen de Costos de Operación Red de Distribución

Costo	Ítem	Costo Anual	Costo Unitario
		US\$/año	US\$/m ³
Variables	Energía Eléctrica	0	0
	Productos Químicos	3.630	0,006
Fijos	Mantenimiento – Repuestos	3.471	0,006
Total		7.101	0,012

Tabla 8.12. Resumen Costo Operación Proyecto ASGRALPA

Item	Costo Anual		Costo Unitario
	US\$/año	%	US\$/m ³
Costo Operación Captación descarga	93.215	7,3	0,134
Costo Operación Planta desalinizadora	833.644	65,6	1,342
Costo Operación Sistema de Impulsión	170.476	13,4	0,267
Costo Operación Red de Distribución	7.101	0,7	0,012
Costo Contingencia (15%)	165.665	13,0	0,266
Costo de Operación Total	1.270.101		2,021

8.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

De acuerdo al análisis económico realizado, se concluye que el costo de inversión total para implementar un sistema de abastecimiento de agua potable mediante captación de agua de mar y posterior desalinización, satisfaciendo los requerimientos del loteo agrícola Altos La Portada, es de US\$ 4.704.586, con un costo de operación anual de US\$ 1.270.101. El análisis económico ha permitido determinar que el costo unitario de producción es de US\$ 2,02 valor que está dentro de las cifras normales que se han registrado en la región para sistemas de abastecimiento de tamaño comparativo. Los casos comparativos muestran una tendencia generalizada en este tipo de obras de disminuir estos costos unitarios en la medida que se aumenta la cantidad de agua producida.

Indudablemente ante estos resultados, la mirada tiende a buscar otras alternativas de posible suministro, que para esta zona no son muchas.

La primera que se investigó fue la oferta de la Base Aérea Cerro Moreno, en base a agua servida tratada. Esta condición llevó a descartarla como alternativa, respaldada además por el reducido caudal producido, que no alcanzaba a cubrir la demanda.

La siguiente alternativa, que actualmente aun está en negociaciones, ha sido solicitar a Aguas Antofagasta el suministro del vital elemento. La empresa ha respondido que puede hacerlo, pero para ello requiere de una serie de antecedentes de la demanda, además de la construcción de diversas obras que le permitan entregar el recurso solicitado. Al respecto son dos las posibles formas de satisfacer este requerimiento de ASGRALPA: por una parte está el reforzamiento de la aducción Cerro Moreno, para dotarla de la capacidad de porteo que permita entregar el caudal demandado y por otra, construir una impulsión expresamente diseñada para el abastecimiento del sector (el loteo sería mayoritariamente el gran consumidor de agua) y que comience desde la actual planta desaladora que posee la empresa sanitaria. En este último caso, sería necesario realizar algunas obras de modificación en la planta, para instalar la planta de bombeo que

requeriría esta impulsión, la cual fortuitamente resulta ser de características muy similares a la prediseñada en este estudio.

Indudablemente este último hecho lleva a ilusionarse con esta alternativa, puesto que en comparación el proyecto prediseñado, no requeriría ni la captación ni la planta desaladora, costos de inversión que son altos en el proyecto, reduciendo con ello además los costos asociados a operación y mantención de estas obras. Queda por conocer cuál será el costo por m³ al que Aguas Antofagasta entregaría el producto y cuáles serían las condiciones para ello, situación que si bien está en desarrollo, no es de rápida resolución.

Otra alternativa que también se ha investigado ha sido la posible instalación de otra empresa suministradora de agua, con captación de agua de mar en forma similar al proyecto que se ha evaluado en este documento. Esta empresa, aun en trámites muy iniciales para su formación, se instalaría en el sector denominado "La Rinconada". Este hecho hace que llevar el agua desde ese sector hasta el loteo agrícola, se debiera construir una impulsión de 6 km adicionales a los proyectados en este estudio, lo que sin dudas representa una mayor inversión y un mayor costo de operación. Es una iniciativa que está aun en un muy incipiente desarrollo y por lo tanto no es factible de tomar en cuenta para este estudio.

En conclusión, los resultados del estudio indicarían aparentemente que la mejor alternativa para abastecer el loteo agrícola Altos La Portada sería mediante el suministro por parte de la empresa Aguas de Antofagasta S.A.

9 ADMISIBILIDAD AL SISTEMA DE EVALUACION AMBIENTAL SEIA

Según el artículo 4 del Reglamento "El titular de un Proyecto o actividad de los comprendidos en el artículo 3 de este Reglamento, o aquel que se acoja voluntariamente al SEIA, deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho Proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos siguientes de este Título, en cuyo caso deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental".

El análisis de los artículos 5° al 11° del Reglamento (a excepción del artículo 7°) que son los que permiten definir la admisibilidad del proyecto "Planta Desaladora de Agua de Mar ASGRALPA" se entrega en documento Anexo F. Acorde a los antecedentes presentado en dicho documento **se concluye que el Proyecto" Planta Desalinizadora ASGRALPA" no produce ninguno de los efectos, características o circunstancias mencionadas en el artículo 11 de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, desarrollados en los artículos 5, 6, 8, 9, 10 y 11 del Título II del Reglamento del SEIA, y en la letra d) del artículo 11 que fue modificada por la ley 20.417, se presente bajo la modalidad de Declaración de Impacto Ambiental (DIA), todo ello de conformidad a lo indicado en el artículo 4 del mencionado Reglamento y el artículo 11 de la ley modificado.**

10 PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES

De acuerdo a lo indicado en el Título VII del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en este capítulo se identifican los permisos ambientales sectoriales aplicables al proyecto, los requisitos para su otorgamiento, y los contenidos técnicos y formales para acreditar su cumplimiento Artículo 73, Artículo 90 y Artículo 93. El análisis de estos artículos se encuentra documentado en Anexo F.

ANEXO A

Detalle de Costos de Operación

A1 CONSUMO ELECTRICO

A1.1 Sistema Captación/Descarga

La siguiente tabla muestra la estimación del costo del consumo eléctrico sistema de captación-descarga

Tabla A- 1. Determinación del costo de consumo eléctrico Sistema captación/descarga

Parámetro	Unidad	Consumo
Costo Unitario	US\$/kWh	0,25
Consumo Eléctrico	kWh/m ³	0,47
Flujo de Permeado (nominal)	m ³ /día	1.728
Flujo de agua de mar (nominal)	m ³ /día	4.320
Días de Operación	días/año	360
Costo Eléctrico Anual	US\$/año	73.094
Costo Eléctrico Unitario	US\$/m ³ permeado	0,12
Costo Eléctrico Unitario	US\$/m ³ agua de mar	0,05

A1.2 Planta Desalinizadora

El consumo eléctrico de la planta desalinizadora queda determinado por la bomba de alta presión, la que representa el 80% del consumo energético de la planta (incluidas las etapas de pre y post tratamiento). Al incorporar un sistema de recuperación de energía, la energía contenida en la corriente de salmuera o rechazo, parcialmente recuperada y el consumo eléctrico total de la bomba de alta presión se reduce en aproximadamente un 30%.

Por tanto, si el consumo específico del módulo de ósmosis inversa, por simulación sin recuperador de energía es de 4,51 kWh/m³, el consumo energético global de la planta desaladora es de 3,95 kWh/m³. La siguiente tabla muestra la estimación del costo de consumo eléctrico.

Tabla A- 2. Determinación del costo de consumo eléctrico planta desalinizadora

Parámetro	Unidad	Consumo
Costo Unitario	US\$/kWh	0,25
Consumo Eléctrico	kWh/m ³	3,95
Flujo de Permeado (nominal)	m ³ /día	1.728
Días de Operación	días/año	360
Costo Eléctrico Anual	US\$/año	614.304
Costo Eléctrico Unitario	US\$/m ³ de permeado	0,99
Costo Eléctrico Unitario*	US\$/m ³ de agua de mar	0,40

*Incluye sistema de recuperación de energía (30%)

A1.3 Sistema de Impulsión

La siguiente tabla muestra la estimación del costo del consumo eléctrico del sistema de impulsión

Tabla A- 3. Determinación del costo de consumo eléctrico sistema de impulsión

Parámetro	Unidad	Consumo
Costo Unitario	US\$/kWh	0,25
Consumo Eléctrico	kWh/m ³	0,91
Flujo de Permeado(nominal)	m ³ /día	1728
Días de Operación	días/año	360
Costo Eléctrico Anual	US\$/año	141.523
Costo Eléctrico Unitario	US\$/m ³ de permeado	0,22
Costo Eléctrico Unitario	US\$/m ³ agua de mar	0,09

A2. Productos Químicos

A2.1. Planta Desalinizadora

Los sistemas de pre-tratamiento y de osmosis inversa requieren de adición de productos químicos, con el objeto de mantener en buen estado las membranas de osmosis inversa y asegurar el desempeño de los equipos de filtrado. El precio unitario de los productos químicos se ha estimado en base a cotizaciones de proveedores locales. La dosificación de productos químicos dependerá principalmente de la calidad del agua que alimente a la planta desalinizadora, por lo tanto, los valores deberán ser confirmados a través de pruebas piloto en una futura etapa de ingeniería. Los costos de productos químicos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla A- 4. Costo de Productos Químicos planta desalinizadora

Ítem	Precio US\$/kg	Dosis kg/m ³	Costo US\$/m ³
Hipoclorito de sodio	0.389	0.015	0.0058
Acido sulfúrico	0.227	0.015	0.0034
Meta-bisulfito	0.135	0.0045	0.0006
Cloruro férrico	0.217	0.005	0.0011
Polímero	3.75	0.0005	0.0019
Anti-incrustante	4.55	0.002	0.0091
Costo total Químicos (US\$/año)	34,059		
Costo Unitario Químicos (US\$/m ³ permeado)	0.0547		
Costo Unitario Químicos (US\$/m ³ agua de mar)	0.0219		

A2.2 Sistema de Impulsión

Los sistemas de impulsión requieren de una inyección de productos químicos de modo de entregar un agua químicamente estable para la impulsión. El precio unitario de los productos químicos se ha estimado en base a cotizaciones de proveedores locales. La dosificación de productos químicos dependerán principalmente de la calidad del agua desalinizada, por lo tanto, los valores deberán ser confirmados a través de pruebas piloto en una futura etapa de ingeniería. Los costos de productos químicos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla A- 5. Costo de productos químicos sistema de impulsión

	Precio	%	Dosis
	US\$/kg	p/p	Kg/m ³
Alcalinizante (ceniza de soda)	0.39	99	0.038
Alcalinizante (dióxido de carbono)	0.321	100	0.010
Anti-corrosivo	4	100	0.004
Costo de Productos Químicos (US\$/año)	15.558		
Costo Unitario Químicos (US\$/m ³ permeado)	0.025		
Costo Unitario Químicos (US\$/m ³ agua de mar)	0.010		

A3. Costos Fijos

A3.1 Personal Operativo

El costo operacional anual de personal para la planta desalinizadora considera un total de 5 personas, es decir, un(1) supervisor, tres(3) operadores mantenedores calificados y un(1) mecánico-eléctrico. La siguiente tabla resume los costos de personal.

Tabla A- 6. Costos asociados al personal de operación

Parámetro		Unidad	Valor
Supervisor/Analista Químico	1/día	US\$/año	36,000
Operador calificado	1/turno	US\$/año	36,000
Mecánico/eléctrico	1/día	US\$/año	18,000
Gastos administrativo (20%)		US\$/año	18,000
Costo Total personal Operaciones		US\$/año	108,000
Costo Unitario Personal		US\$/m ³ permeado	0.174
Costo Unitario personal		US\$/m ³ agua de mar	0.069

A3.2 Repuestos

A3.2.1 Sistema Captación/Descarga

Los costos asociados a los repuestos se estimaron como un 2,5 % del costo de equipos del sistema captación descarga (costo inversión: US\$ 206.080). Se resumen en la siguiente tabla.

Tabla A- 7. Costo mantenimiento – repuestos Captación / descarga

Parámetro	Unidad	Valor
Repuestos Sistema C/D (2,5 % costo inversión captación)	US\$/año	5.152
Costo Unitario de Repuestos	US\$/m3 permeado	0,008
Costo Unitario de Repuestos	US\$/m3 agua de mar	0,003

A3.2.2 Planta Desalinizadora

Los costos asociados a los repuestos se estimaron como un 2.5 % del costo de inversión de la planta desalinizadora (costo inversión Modulo planta desalinización: US\$ 1,057,553). Se resumen en la siguiente tabla.

Tabla A- 8. Costo mantenimiento Planta Desalinizadora

Parámetro	Unidad	Valor
Repuestos Planta desalinizadora (2.5 % costo inversión planta desalinizadora)	US\$/año	26.439
Costo Unitario de Repuestos	US\$/m3 permeado	0,043
Costo Unitario de Repuestos	US\$/m3 agua de mar	0,017

A3.2.3 Sistema de Impulsión

Los costos asociados a los repuestos se estimaron como un 2.5 % del costo de inversión por equipos y tuberías (costo inversión: US\$ 535.815). Se resumen en la siguiente tabla.

Tabla A- 9. Costo mantenimiento Sistema de Impulsión

Parámetro	Unidad	Valor
Repuestos Planta desalinizadora (2.5 % costo inversión equipos-tuberías)	US\$/año	13.395
Costo Unitario de Repuestos	US\$/m3 permeado	0,022
Costo Unitario de Repuestos	US\$/m3 agua de mar	0,009

A3.2.2 Sistema Red de Distribución

Los costos asociados a los repuestos se estimaron como un 2.5 % del costo de inversión por tuberías y piezas especiales de la red de distribución (costo inversión: US\$ 138.851). Se resumen en la siguiente tabla.

Tabla A- 10. Costo mantenimiento Sistema red de Distribución

Parámetro	Unidad	Valor
Repuestos Planta desalinizadora (2.5 % costo inversión planta desalinizadora)	US\$/año	3,471
Costo Unitario de Repuestos	US\$/m3 permeado	0,006
Costo Unitario de Repuestos	US\$/m3 agua de mar	0,002

A3.3. Costos asociado a reemplazo y disposición de membranas y cartuchos

Se ha considerado una frecuencia de reemplazo de 3 años para las membranas de osmosis inversa, de acuerdo al estándar de la industria. Los cartuchos se reemplazan en forma mensual. Las membranas y cartuchos reemplazados no constituyen un residuo peligroso (de acuerdo al D.S N° 148/03 del MINSAL), por lo que su costo de disposición considera solamente el transporte al sitio del relleno sanitario. La siguiente tabla detalla los costos asociados al reemplazo de membranas y cartuchos.

Tabla A- 11. Costos de reemplazo de membranas y cartuchos

Parámetro	Unidad	Valor
Vida Util Membranas	año	3
Cantidad de membranas	#	144
Costo de Membranas	US\$/membrana	700
Costo Total de reposición de Membranas	US\$/año	33,600
Costo Unitario de reposición de Membranas	US\$/m3 permeado	0.054
Costo Unitario de reposición de Membranas	US\$/m3 agua de mar	0.022
Costo Cartuchos	US\$/m3 cartucho	0.02
Costo Total de Reposición de Cartuchos	US\$/año	12,442
Costo Unitario de Reposición de Cartuchos	US\$/m3 permeado	0.02
Costo Unitario de Reposición de Cartuchos	US\$/m3 agua de mar	0.008

A3.4. Análisis de laboratorio

La implementación de un programa completo de análisis de calidad de agua de entrada y de salida resulta fundamental para resguardar la operación de la planta desalinizadora. Para alcanzar un alto desempeño operacional, el programa deberá ser realizado sobre una base semanal, y continuado a lo largo de la operación de la planta. Algunos parámetros críticos han sido seleccionados para comprender la evolución del agua de mar en las distintas estaciones del año. En base a cotizaciones obtenidas de laboratorios locales para cada análisis requerido, y a la evaluación de costos realizada de

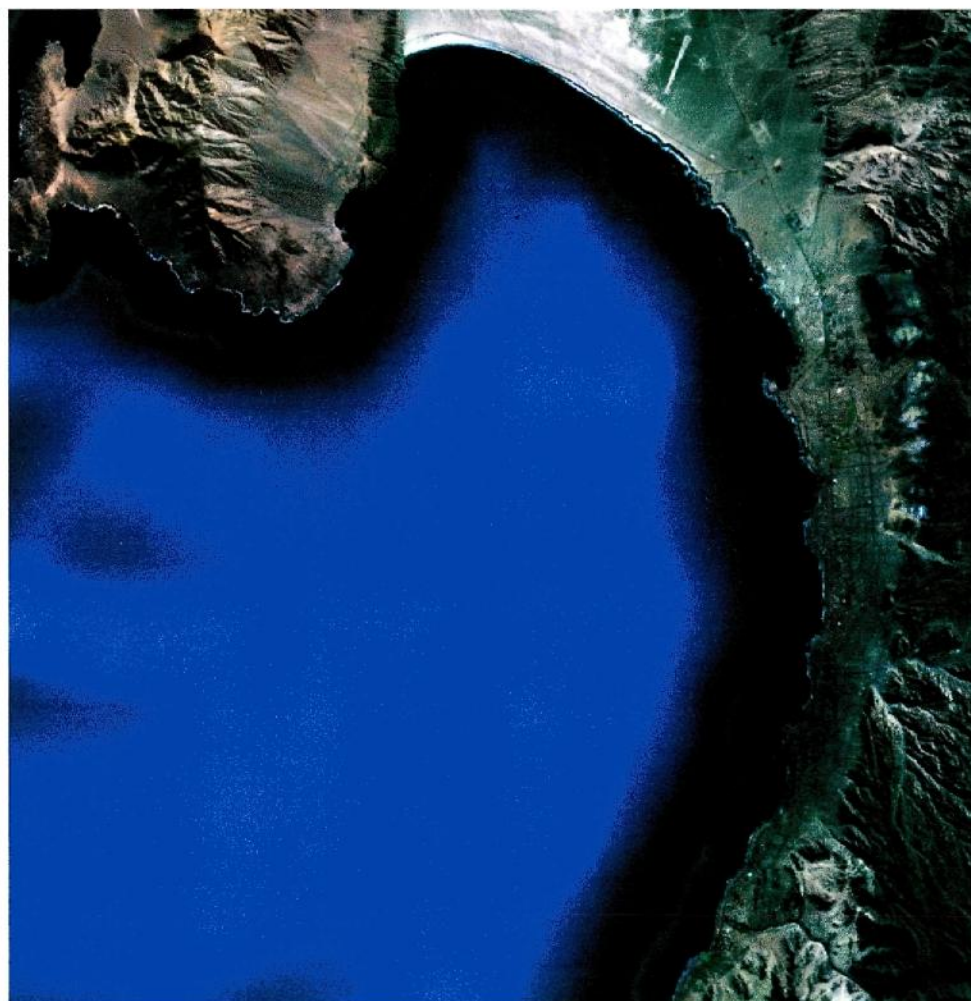
acuerdo a la experiencia de CEITSAZA en el tiempo de muestreo y transporte de muestras al laboratorio se presentan en la tabla los costos asociados al análisis de laboratorio. La siguiente tabla resume estos costos.

Tabla A- 12. Costos asociados al programa de análisis de calidad de agua de mar

Parámetro	Unidad	Valor
Análisis de Laboratorio (20 parámetros a muestrear)	US\$/año	3,000
Pruebas de Laboratorio en Terreno	US\$/año	2,000
Costo Total Programa de Análisis	US\$/año	5,000
Costo Unitario de programa de análisis	US\$/m3 permeado	0.008
Costo Unitario de programa de análisis	US\$/m3 agua de mar	0.003

ANEXO B

INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.



INDICE

	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ALCANCE	2
3. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO	2
4. OBRAS PROYECTADAS	7
4.1 Estructura de Obra de Toma	8
4.2 Tubería de Aspiración	9
4.3 Sistema de Dosificación de Cloro	10
4.4 Sistema de Vacío	11
4.5 Sistema de Aire Comprimido	12
4.6 Descarga de Agua de Rechazo	12
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN	14
5.1 Caudales de Diseño	14
5.2 Características del Fluido	14
5.3 Nivel de las Mareas	14
5.4 Nivel de Protección de Tsunami	15
5.5 Planta desaladora y Sistema de captación/Descarga	15
5.6 Cálculo de Lastres	18
6. DISEÑO DE SISTEMA DE IMPULSIÓN	22
7. DISEÑO DE SISTEMA DE DESCARGA	25
8. RESUMEN	28
8.1 Captación	
8.2 Descarga	
8.3 Costas	

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 1
-----------------------------	--	-----------

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la memoria técnica de los cálculos hidráulicos necesarios para el pre diseño de los sistemas de captación y rechazo de la Planta Desalinizadora de agua de mar “Alto La Portada”, ubicada en el litoral de la Segunda Región, en la bahía de San Jorge, al Norte de la ciudad de Antofagasta. La planta se ubicará en la zona del punto “8” mostrado en la figura N°1.

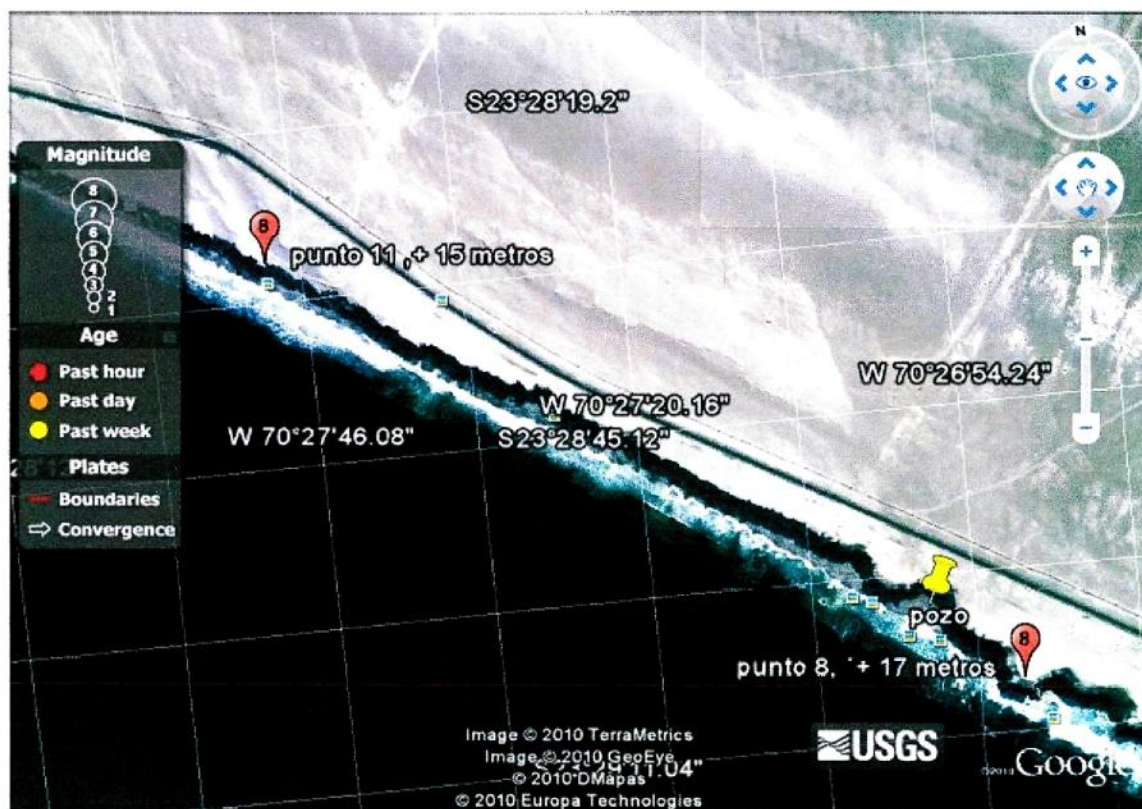


Figura N° 1: Ubicación de Planta Desalinizadora Alto La Portada, Antofagasta.

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 2

2. ALCANCE

Corresponde al diseño del sistema de captación y rechazo de la planta desalinizadora, dentro de lo que se contempla:

- Cálculo hidráulico del sistema de impulsión que alimentará a la planta desalinizadora.
- Cálculo hidráulico de la descarga al mar.

3. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

La Planta desalinizadora, Alto La Portada, se encontrará localizada en la parte del litoral correspondiente a la Bahía de San Jorge, donde la zona más conveniente será el borde costero comprendido entre los puntos 8 y 11 que se muestran en la figura N°2.

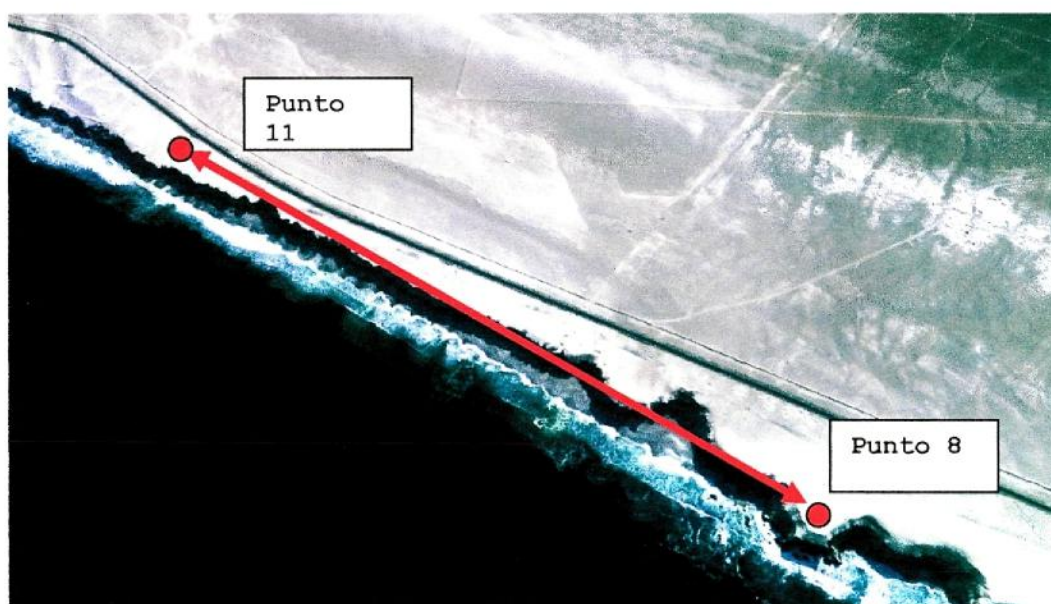


Figura N° 2: Zona de Litoral para la captación de agua de mar.

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 3

La microlocalización corresponde a una zona de acantilados, cuya zona de estratos alcanza una altura de 17 m.s.n.m. (punto 8), hasta los 15 m.s.n.m. (punto 11), descendiendo de sur a norte. Estos acantilados son una barrera natural de protección de posibles inundaciones causadas por un tsunami. La zona también presenta sectores de playas angostas con afloraciones rocosas hacia el sur, lo que permite tener un contacto directo al mar.

Datos punto 11. Latitud $23^{\circ}28'28.98''S$; Longitud $70^{\circ}27'49.03''O$, Altura +15.0msnm

Datos punto 8. Latitud $23^{\circ}29'06.54''S$; Longitud $70^{\circ}26'50.51''O$, Altura +17.0msnm

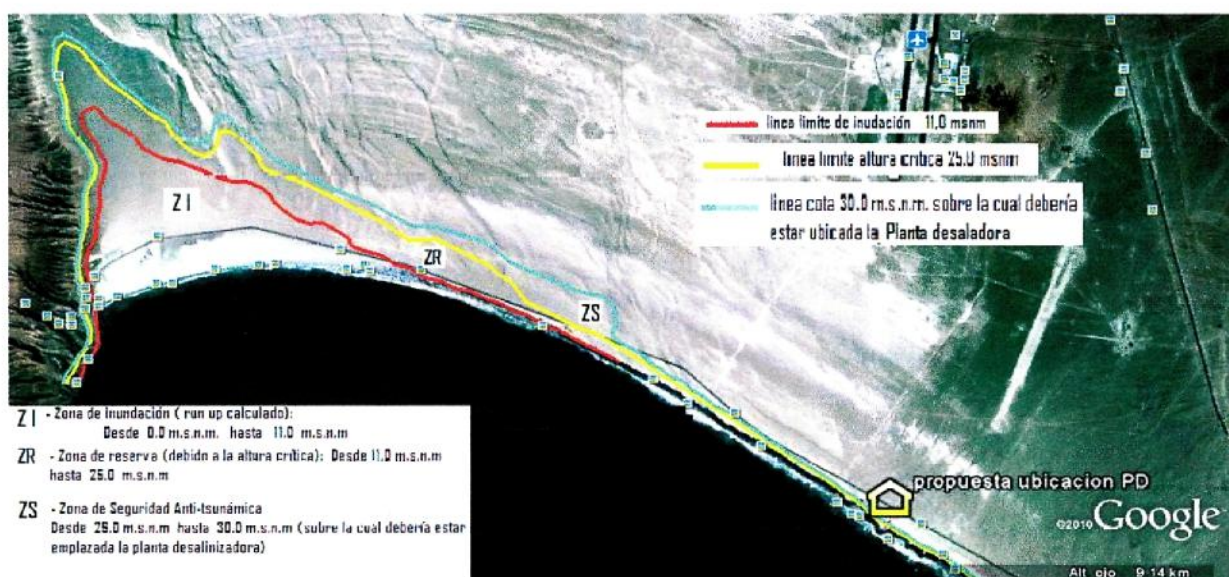


Figura N^o 2a: Ubicación de la Planta desaladora en relación a las zonas de seguridad de anti-tsunami.

Para verificar la seguridad de la zona del litoral donde se localizara la planta desalinizadora, se hizo un cálculo de alturas máximas que podría alcanzar el agua debido a un tsunami en el sector comprendido entre los puntos 8 y 11 de la Bahía de San Jorge, considerando el peor escenario sísmico, con una posible energía de 9^oMw, simulando la energía liberada por el sismo ocurrido

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 4

el 27 de febrero del 2010, en la zona central y sur del país. El run up calculado para la zona de playa, al borde de los acantilados, determina que el agua alcanza una cota de 11 m.s.n.m. Las olas del tsunami embestirían la pared del acantilado, erosionando fuertemente la muralla de areniscas, por lo que, una instalación ubicada en la zona de playa sufrirá serios daños debido a las inundaciones provocadas por este fenómeno natural.

Por lo tanto, se recomienda que las instalaciones de la planta se encuentren en la planicie superior del acantilado, zona libre del alcance de la ola de tsunami.

Otra consideración tomada en cuenta para la localización de la planta desalinizadora, es que se estimo conveniente recurrir a estudios históricos relacionados con las más grandes inundaciones en diversos lugares de la costa chilena. En tal sentido, se utiliza la información de los estudios de Titichoca H y Guiñez D. (Revista Ing. INNOVACIÓN 1992, Congreso Internacional Cs. de la Tierra. IGM., 1992), quienes concluyeron que en el norte chileno, de las grandes inundaciones, ninguna sobrepasó los 19 m.s.n.m., lo cual permite tener la certeza que sobre esta cota (19 m.s.n.m.) no habrá inundación. En consecuencia, esta altura puede ser definida como altura critica sobre el nivel del mar.

Se recomienda que la cota critica se debe sobredimensionar como medida de seguridad en 31.5 %, es decir 6 metros más, quedando en 25 msnm. Como resultado, se puede dibujar un área que va desde los 25 msnm, hasta los 30 msnm, conocida como zona de seguridad anti-tsunámica. Sobre esta cota debería estar ubicada la planta desalinizadora.

Tomando en cuenta la zona de seguridad anti tsunámica, y aprovechando la barrera natural de los acantilados del sector, se decide que la zona de captación y rechazo de agua estará localizada en el punto 8 (Figura N°3), lugar donde los taludes alcanzan alturas de 17 m.s.n.m. Además, con el objetivo de alcanzar los 30 m.s.n.m, la planta estará localizada 100 metros planicie adentro como muestra la figura N°3.

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 5
-----------------------------	--	-----------



Figura N° 3: Localización de la Planta Desalinizadora.



Figura N° 3a: Detalle de ubicación de la PD en relación a las líneas de inundación y seguridad.

Las características físicas y ambientales del sitio son las siguientes:

- Altitud: 25 a 30 msnm
- Temperatura ambiente mínima: 5°C

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 6

- Temperatura ambiente máxima: 31°C
- Presión barométrica mínima absoluta: 95 kPa
- Presión barométrica máxima absoluta: 105 kPa

Caracterización del Fluido

El fluido a transportar corresponde agua de mar, cuyas características son las siguientes:

- Temperatura: 15 - 25°C
- Densidad: 1025 (kg/m³)

SOLUCIONES APLICABLES

Existen dos sistemas de captación y descarga de aguas de mar que pueden abastecer las necesidades de caudal necesarias para el correcto funcionamiento de la planta desaladora. El primer sistema, en base a pozos de captación, los cuales tienen como objetivo alcanzar el nivel freático que permita recoger e impulsar el caudal requerido por la planta a través de bombas sumergidas. El segundo sistema está determinado por sistemas de tuberías submarinas y terrestres que se introducen en el mar, alcanzando la profundidad necesaria para la toma y descarga de agua de mar utilizada en los procesos de la planta desaladora.

Descripción de los Posibles Sistemas de Carga y Descarga

Pozos de Toma de Agua: Esta basado en una serie de pozos distanciados y a una profundidad determinada, los cuales son capaces en conjunto de cumplir con los requerimientos de captación de agua para el caudal requerido por la planta desaladora.

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 7

Los pozos presentan un diámetro el cual en sus primeros metros deben ser encamisados por tuberías de acero de manera de evitar el desmoronamiento del terreno. El resto del pozo debe ser encamisado con tuberías de PVC drenante, las que permiten la recogida y filtración del agua proveniente de la napa freática.

Para la implementación de este sistema es necesario realizar sondeos y estudios de capacidad de flujo hacia los pozos, datos necesarios para determinar la profundidad, separación y el número de pozos necesarios para la captación de agua que cumpla con los requerimientos de caudal para la planta desaladora.

Los pozos descritos, recogen el agua de mar filtrada de manera natural por el terreno, pudiendo ser impulsadas hasta la planta desaladora por bombas centrífugas sumergida. Estas bombas deben tener características específicas (caudal nominal, altura manométrica y potencia de motor), dependiendo de los datos obtenidos de ensayos.

Sistemas de Tuberías (emisarios) submarinas y terrestres: Este mecanismo de alimentación y descarga está compuesto de diferentes estructuras que conforman un sistema que tiene como objetivo sumergirse en el mar y a través de mecanismos de bombeo o sistemas gravitacionales, cumplir con la alimentación de agua requerida por la planta desaladora.

OBRAS PROYECTADAS

En relación a la posibilidad de llevar a cabo uno de los sistemas descritos, se ha tomado en cuenta los aspectos siguientes: El perfil descendiente del acantilado de sur a norte permite considerar que los pozos de toma de agua serían más factible ubicarlos hacia el extremo norte de la Portada al disponer de mayor espesor del estrato de suelo o de arena

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 8

por debajo de la superficie de la costa, lo cual potenciaría su uso. Sin embargo, quedarían más distantes del sector de La Portada. En contraposición a lo anterior, hacia la zona sur del acantilado, más cerca de la Portada, se han observados afloramiento de rocas en la playa y al pie de los taludes, que implicaría una mayor complejidad en la construcción de los pozos y por ende, limitaciones en cuanto al aumento de la capacidad de impulsión a futuro.

En consideración a lo anterior, se analizó la segunda alternativa (sistema de tuberías) para la captación en el fondo marino a 10 metros de profundidad donde no tiene influencia la ola rompiente, de modo que las aguas captadas en dicho fondo a esa profundidad resulten mucho mas claras y limpias. La captación se realiza mediante un chupador en el fondo marino elevado del mismo lo suficiente para no arrastrar arena del fondo, y tendrá una línea de conducción de agua de mar hasta un estanque de acumulación ubicado en el nivel superior del acantilado.

Adicionalmente se considera un equipo de vacio para mantener la tubería de succión siempre llena de agua, extrayendo el aire que pudiese acumular en su interior, de modo que las motobombas tengan una partida efectiva en cualquier momento.

Desde el estanque de acumulación se impulsara el agua de mar a través de motobombas hasta la planta ubicada a 100 metros del estanque de acumulación.

El sistema de impulsión está compuesto por las siguientes unidades:

4.1.Estructura de Obra de Toma

Estructura desde donde se aspira el agua para el proceso de desalación, el cual está conformado por una estructura circular de hormigón, la que será instalada a 10 metros de profundidad a partir del nivel del mar.

La estructura de toma está conformada por un cilindro de hormigón de 2m de diámetro y 2m de altura, el cual posee en su parte superior, barras de acero que conforman un enrejado

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 9

equiespaciado cada 20cm, el cual impide el ingreso de animales o impureza que pudiesen bloquear el sistema de carga de agua.

La estructura estará dividida en 2 secciones para facilitar su transporte y colocación en el fondo marino. La estructura de toma tendrá en su boca de salida una abertura rectangular, donde se colocará una boquilla de HDPE, la cual se hará empalmar con la tubería de aspiración, una vez que ésta sea posicionada en el fondo. Para facilitar su inspección y limpieza, la estructura de toma posee en una de las secciones de la reja, una puerta de acceso.

4.2.Tubería de Aspiración

Tubería submarina que se desarrolla por el fondo del mar desde la estructura de toma hasta la bomba de aspiración de agua de mar ubicada aguas abajo del estanque de acumulación. Ésta se conforma por una tubería de HDPE de diámetro $D=280\text{mm}$ y una longitud total de $L=350\text{m}$. El tramo submarino ($L=320\text{m}$), parte desde la estructura de toma a 10 m de profundidad y se desarrolla por el fondo marino hasta la zona de rompiente, donde continúa por el interior de un enrocado, el cual lo protege de las olas en esta zona de alta turbulencia. Fuera del enrocado, la tubería de aspiración desarrolla su parte terrestre ($L=30\text{m}$, 10m horizontales y 20m verticales), la cual presenta en su tramo inicial un dado de hormigón de protección debido a que se desarrolla en forma superficial (ver figura N°4).

Esta unidad debe considerar también la zona de elevación hacia la cima del acantilado, el cual alcanza una altura de 17 metros, además de la distancia considerada hasta el estanque de depósitos de agua, localizado aproximadamente a 10 metros desde el borde del acantilado.

Se consideró un estanque con altura de agua de 3m sobre el acantilado (El. 20msnm).

Desde la obra de toma hasta la zona de rompiente, la tubería de aspiración tiene lastres de

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 10

hormigón cada 6m que lo mantienen fijo en el fondo, lastrado contra las corrientes marinas y los efectos de marejadas locales.

En el sector de rompiente, la tubería de aspiración se desarrolla dentro de un enrocado de protección, el cual lo protege del fuerte oleaje de la zona.

En la zona de salida desde el estanque de depósito (cota 17 m.s.n.m.) la tubería se entierra, desarrollándose esta a una profundidad de 0.6m con pendiente ascendente hasta enfrentar el recinto de la Planta Desaladora de Agua de Mar (PDAM).

La cota máxima del sistema de aspiración corresponde a la +17msnm (clave de la tubería en la bomba de aspiración previo al ingreso al estanque de acumulación), desde donde se conecta el sistema de vacío para la extracción de aire. A lo largo de todo el sistema de aspiración, y por el interior de la tubería se desarrollan las líneas de cloración y aire, las cuales se encuentran sostenidas al tubo principal mediante soportes soldados al tubo.

4.3.Sistema de Dosificación de Cloro

El sistema de dosificación corresponde a un sistema de bombeo de hipoclorito de sodio que se compone de dos equipos de bombeo en configuración (1+1). El hipoclorito será suministrado desde la desaladora y será almacenado en un estanque a diseñar. El sistema de dosificación debe ser dispuesto dentro de la planta en una sala y se debe resguardar los equipos del ambiente marino agresivo. La línea de impulsión de cloro se desarrolla por el interior de la tubería de aspiración y corresponde a una tubería de HDPE de diámetro a determinar, la cual termina en un difusor de HDPE ubicado en el inicio de la tubería de aspiración en la estructura de toma.

4.4.Sistema de Vacío

Se considera un sistema de vacío, el cual será utilizado para el llenado inicial de la tubería de

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 11
-----------------------------	--	------------

aspiración y posteriormente será utilizado para eliminar el aire que pudiera quedar contenido en la misma. El sistema de vacío está conectado a la tubería de aspiración, en el punto alto de la tubería ubicado a la cota 17msnm, previo al ingreso al estanque de acumulación. Desde ese punto se dispone de una tubería de succión que se conectará al sistema de vacío.

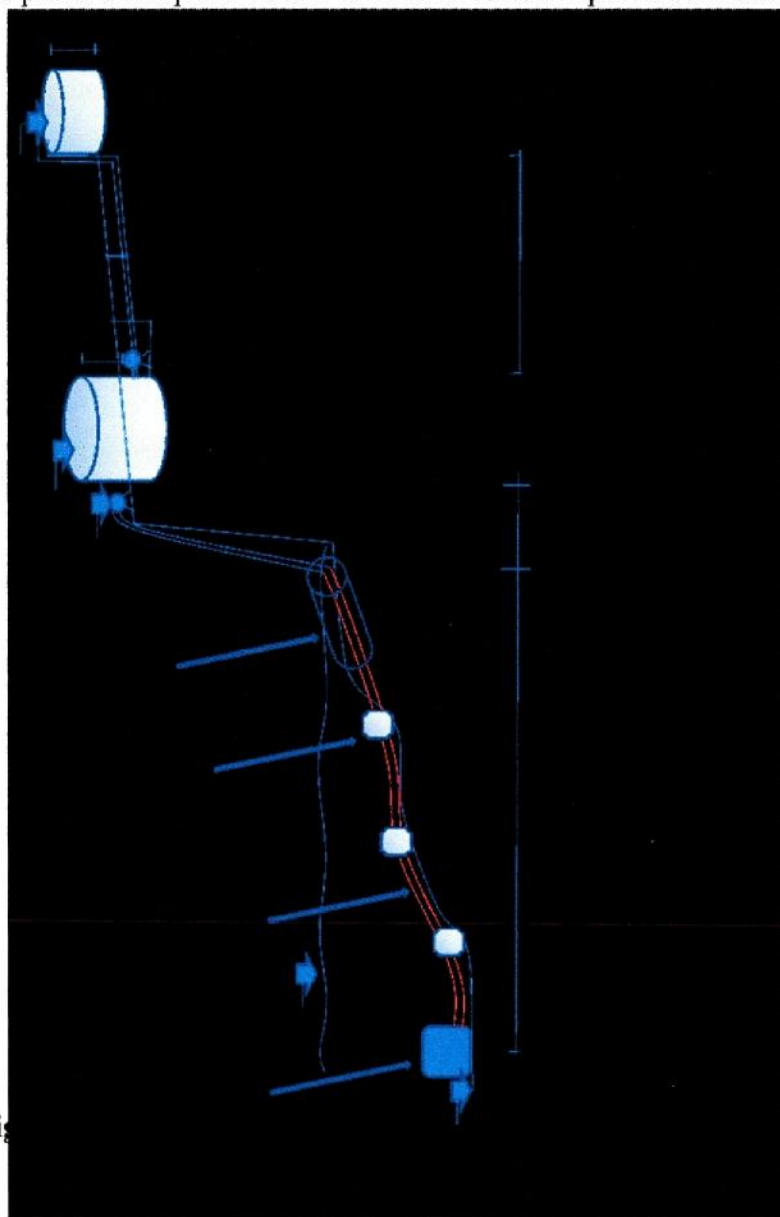


Fig.

mpulsión.

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 12

Figura N° 4: Esquema sistema de impulsión.

4.5.Sistema de Aire Comprimido

Adicionalmente se ha dispuesto una línea de aire comprimido, la cual tiene como objetivo principal evitar la incorporación de medusas y otros tipos de animales marinos que puedan interferir o bloquear el sistema de alimentación de agua.

Se deben disponer 2 compresores de aire los cuales operan en configuración 1+1, y alimentan la línea de aire comprimido de la tubería de aspiración.

La línea de aire comprimido se desarrolla por el interior del sifón invertido y corresponde a una tubería de HDPE de diámetro y longitud a determinar por el proyecto, la cual sale fuera de la estructura de toma en un difusor circular de HDPE.

4.6.Descarga de Agua de Rechazo

Conformado por la tubería (emisario) de descarga del agua de rechazo del sistema de desalación (planta desaladora), que desarrolla su recorrido sobre la tierra (zona de playa y acantilado).

La descarga está conformada por una tubería de HDPE de diámetro D=200mm, y largo total L=327m (110m sobre el acantilado, 17m en vertical y 200m bajo el agua).

La descarga se desarrolla inicialmente en una parte terrestre (L=110m) y parte desde el estanque de agua de rechazo de la planta desaladora.

Al inicio cuenta con tubo piezométrico el cual permite la circulación del aire al interior del tubo (llenado y vaciado del tubo).

La profundidad a la cual estará enterrada en la zona superior del acantilado es de 0.6m, para

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 13

luego descender desde la cota 17 m.s.n.m. hasta llegar a la zona de playa. La descarga se presenta protegida por un dado de hormigón, ya que en esa zona se desarrolla en forma casi superficial.

Desde la playa y hasta el punto de descarga se desarrolla el tramo submarino ($L=200\text{m}$), el cual cuenta al inicio con un enrocado de protección, que cumple la doble función de proteger y de facilitar la construcción en la zona de la rompiente.

Desde el final del enrocado y hasta la zona de difusores, la descarga tiene lastres de hormigón cada 6m que mantienen la tubería fija al fondo del mar.

Finalmente la descarga termina en la zona de difusores, donde se realiza la disposición del agua de rechazo. La profundidad de la descarga en este punto es de 8m.

.....

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 14

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN

5.1. Caudales de Diseño

Caudal de Impulsión: 144 m³/h

Caudal de rechazo: 86 m³/h

5.2. Características del Fluido

Fluido: Agua de mar

Temperatura: 14°C

Densidad Agua de Mar a 14°C: 1.028 kg/m³

Densidad Agua de Rechazo: 1.089 kg/m³

Presión de Vapor a 14°C: 0,016 bar (abs)

5.3. Nivel de las Mareas

Se consideró como hipótesis para el cálculo el nivel de las mareas, según la experiencia del ingeniero y sus consultores, y los datos de los planos de batimetrías obtenidos en la Universidad Católica del Norte, las siguientes características de nivel de agua de mar:

Nivel Medio del Mar +0,902 msnrs

Nivel de Reducción de Sonda +0,000 msnrs

Altura Pleamar Máxima +1,806 msnrs

Altura Bajamar Mínima +0,200 msnrs

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 15

5.4. Nivel de Protección de Tsunami

De acuerdo al informe de Evento de Tsunami contenido en la línea base y como fue señalado anteriormente en este informe, todas las obras que contengan equipamiento, deberán ser ubicadas sobre la cota +11.0 m.s.n.m.m. (run up de la ola ante un evento de tsunami).

5.5. Planta desaladora y Sistema de captación/Descarga

Por no contar con un análisis de agua del sector de ubicación de la planta desaladora, se ha considerado una calidad de agua de mar típica para la zona.

El diseño del sistema de impulsión se realiza considerando una altura de 17 msnm donde se ubicará el sistema de bombeo y el estanque de recepción del agua de mar. Desde aquí se impulsará el agua de mar hasta la planta desaladora a través de un segundo sistema de bombeo. Además se considera que la descarga se realiza a una cota de 35 msnm a 100 m del punto del estanque.

Para el cálculo hidráulico del sistema en régimen permanente se utilizaron las ecuaciones de balance de energía (Bernoulli) y de continuidad, expresadas en función de las elevaciones del sistema.

Conservación de la Energía (Bernoulli)

$$\frac{p_i}{\gamma} + z_i + \frac{V_i^2}{2g} = \frac{p_{i+1}}{\gamma} + z_{i+1} + \frac{V_{i+1}^2}{2g} + L_{i,i+1} * J_i + H_s(m)$$

donde:

- z: Elevación (m.s.n.m.)
- p/γ: Altura de presión (m)
- V²/2g : Altura de velocidad (m)

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 16

- J*L: Pérdidas de carga friccionales (m)
- Hs: Pérdidas de carga singulares (m)

Las pérdidas de carga friccionales se calcularon aplicando la fórmula de Darcy-Weisbach:

Darcy-Weisbach

$$J = f \left(\frac{V^2}{2gD} \right)$$

$$Re_s = \frac{VD}{\nu} \quad \text{Número de Reynolds}$$

Ecuación de Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3,71 D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad \text{Para flujo en régimen turbulento y mixto}$$

J : Pérdida carga (m/m)
V : Velocidad Flujo (m/s)
f : Coeficiente de Fricción de Darcy. Se obtiene de la ecuación de Colebrook.
g : Aceleración de gravedad (m/s²)
D : Diámetro interior cañería (m)
Re : Número de Reynolds
k : Coeficiente rugosidad Darcy
ν : Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

Pérdidas de Carga Singulares

Las pérdidas de carga singulares se calcularon aplicando la siguiente expresión, que factoriza la altura de velocidad del escurrimiento con un coeficiente de resistencia que depende del tipo y forma de la singularidad (curva, tee, reducción, etc.) y que se obtiene de tablas y/o ábacos.

$$H_s = K \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Hs : Pérdida carga singular (m)
V : Velocidad Flujo (m/s)
K : Coeficiente de Resistencia (depende del tipo de singularidad)
g : Aceleración de gravedad (m/s²)

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 17

Altura Dinámica Total de Elevación (TDH)

La altura dinámica total de elevación (TDH) requerida se calcula sumando la altura geométrica, las pérdidas por fricción y las pérdidas singulares.

$$TDH = H_g + H_f + H_s + R$$

H_g = Altura geométrica (m)

H_f = Pérdidas de carga por fricción (m)

H_s = Pérdidas de carga singulares

R = Revancha (m)

Potencia Requerida Bomba

La potencia requerida de bombeo se obtiene de multiplicar la altura dinámica total de elevación (TDH) requerida por el caudal a bombear divididos por la eficiencia de la bomba.

$$P = \frac{TDH * Q}{367 * \eta}$$

P = Potencia requerida bomba (kW)

TDH = Altura dinámica total de elevación (m)

Q = Caudal bombeado (m³/h)

η = Eficiencia bomba (%)

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 18

5.6. Cálculo de Lastres

La causa más común del fracaso de los emisarios submarinos de HDPE de pequeño diámetro es el anclado inadecuado de la tubería en el fondo del mar. Esta deficiencia hace que se mueva y se dañe debido a las corrientes y rompiente del oleaje. En emisarios submarinos de HDPE de pequeño diámetro, el minado no es un problema porque el pequeño diámetro no crea las altas velocidades localizadas que se forman en las tuberías de gran diámetro, excepto en corrientes extremadamente rápidas. Debido a que las tuberías de diámetro más pequeño usan bloques de anclaje más pequeños, usualmente quedan tendidas en el fondo donde ocurre poco o ningún arrastre.

La mayor presión y desviación en la viga ocurre en la instalación debido al peso de los lastres

durante el flotamiento y remolque de la tubería. También puede darse por fuerzas hidrodinámicas de las corrientes y posiblemente por el hundimiento de los lastres en un lecho suave. Es importante que las distancias entre los lastres no sean muy grandes. La presión ejercida puede ser estimada como una viga simple uniformemente cargada con una unidad de carga igual a la unidad de flotación de la tubería.

Para limitar la desviación a menos de 5% o la deformación a menos de 1%, se ha desarrollado el cuadro de la figura 4 para determinar el tramo máximo entre los lastres para diversas dimensiones estándar de tubería de HDPE. Se debe notar que para SDR más pequeñas, aunque el espacio entre lastres puede ser mayor, usualmente no excede de 5 ó 6 metros por razones prácticas de construcción.

Este límite es una regla establecida para evitar, o al menos reducir, problemas en el manejo y acoplamiento de lastres muy grandes. También es mejor, desde el punto de vista de las fuerzas hidrodinámicas externas, tener lastres más pequeños y más cercanos que grandes y

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 19
-----------------------------	--	------------

con mayor espacio entre ellos porque cuanto más cerca esté la tubería del lecho, la fuerza externa será menor.

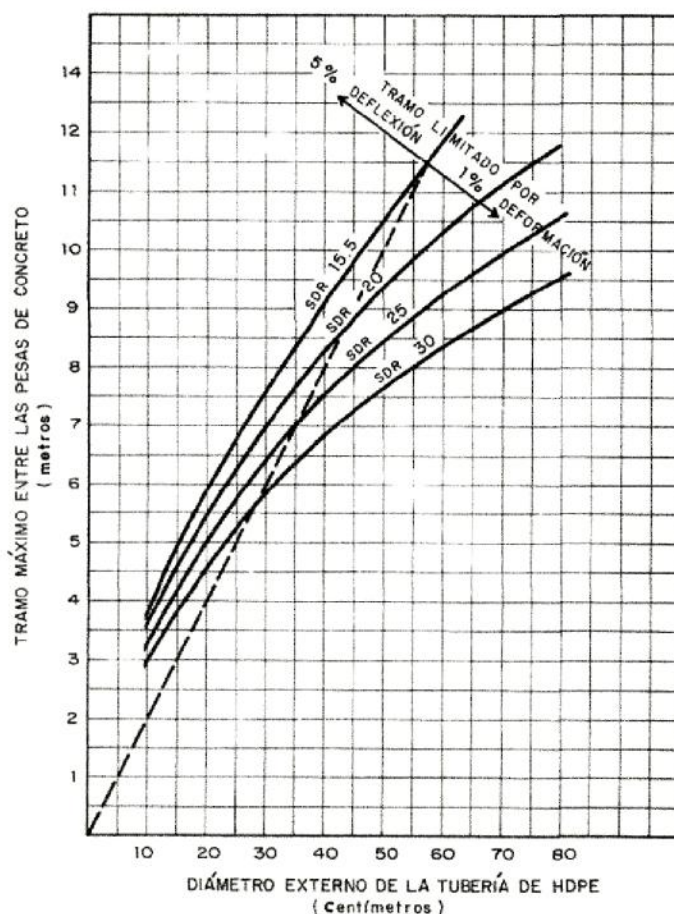


Figura N° 5: Tramo máximo para lastres de hormigón para tuberías de HDPE.

Existen dos consideraciones al determinar el peso para anclar adecuadamente los emisarios submarinos de HDPE en el fondo del mar. Una consideración es el lastre necesario para evitar la flotación y prevenir el movimiento horizontal debido a corrientes en áreas fuera de

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 20

la zona rompiente del oleaje; la otra es prevenir el movimiento dentro de la zona rompiente del oleaje durante las peores condiciones de tormenta. Se usan dos soluciones totalmente diferentes.

El término "factor de hundimiento" se usa en las tuberías de emisarios submarinos de HDPE para describir la razón de la fuerza total hacia abajo con relación a la fuerza total hacia arriba del sistema de tuberías, incluidos la tubería, el contenido de la misma y las pesas de los lastres de hormigón (anclas o collarines). El factor de hundimiento no es más que la gravedad específica del sistema y se usa como un indicador de la estabilidad de la tubería y su resistencia a las diversas fuerzas hidrodinámicas ejercidas por el mar. Las guías señalan que los valores apropiados del factor de hundimiento varían entre 1,1 y 1,5. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que es adecuado para áreas más allá de la zona rompiente del oleaje con corrientes menores alrededor de 4 nudos (0,72 m/s).

El factor de hundimiento (K) puede expresarse por la fórmula:

$$K = \frac{(\text{peso de la tubería} + \text{contenido}) + (\text{peso del lastre de concreto en el aire})}{(\text{peso del agua reemplazada por la tubería}) + (\text{peso del agua reemplazada por los lastres})}$$

Se define:

WA = Peso total de cada lastre en el aire (kg o lb)

Ws = Peso unitario del contenido de la tubería (kg/m o lb/pies)

Wp = Peso unitario de tubería (kg/m o lb/pies)

Wm = Densidad del agua marina (kg/m³ o lb/pies³)

S = Distancia seleccionada entre las pesas (m o pies)

V = Unidad de volumen externo de la tubería por unidad de longitud (m³/m o pies³/pies)

Wc = Densidad del concreto (kg/m³ o lb/pies³)

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 21
-----------------------------	--	------------

K = Una constante sin unidad (razón deseada de la fuerza hacia abajo por la fuerza hacia arriba a la que se denomina frecuentemente factor de hundimiento)

$$K = \frac{S(W_p + W_s) + W_A}{SVW_m + W_A W_m / W_C}$$

Es conveniente poner el máximo peso de lastre a la tubería ubicada en la zona rompiente del oleaje y que todavía pueda flotar hasta su sitio cuando se llena de aire. Esto significa alrededor de 0,8 de ese peso máximo. Bajo estas condiciones, $K = 1$ y $W_s = 0$ la ecuación se simplifica a:

$$W_A = \frac{0.8 S(W_m V - W_p)}{1 - W_m / W_c}$$

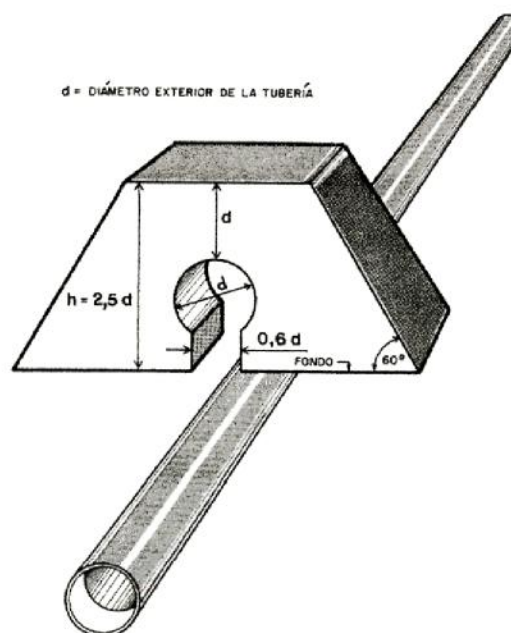


Figura N° 6: Esquema de lastre considerado

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 22

6 DISEÑO DE SISTEMA DE IMPULSIÓN

El diseño del sistema de impulsión se realizó tomando las siguientes consideraciones:

- Se supone que la aspiración se hace desde 10m bajo el nivel medio del mar, y a partir de la batimetría, se determina un largo de tubería de aspiración de 320m hasta la playa.
- Se supone que el estanque receptor de la aspiración se ubicará sobre el nivel superior del acantilado (El. 17msnm) a 3m, llegando a una cota de superficie de agua de 20msnm.
- Se supone que el segundo sistema de bombeo que envía el contenido del estanque de recepción a la planta se ubica 0.6m bajo el nivel superior del acantilado.
- Se considera, para efectos de cálculo que en la planta habrá un segundo estanque receptor con una altura útil de 5m sobre la cota de la planta (El. 35msnm).
- Ambos estanques se consideran abiertos a la atmosfera.

6.1 Diseño de Primer Tramo de Impulsión (Desde toma a estanque 1)

PLANILLA DE CÁLCULO			
IMPULSIÓN 40lts/s (aspiración a estanque 1)			
Fluido: Agua de mar			
Densidad	kg/m3	1028	DISTANCIA 330 METROS; DIFERENCIA DE COTA 30 METROS (-10 a 30 MSNM); CAÑERÍA HDPE PN 10 (280mm) ASPIRACIÓN - 250mm IMPULSIÓN)
Temperatura	°C	15	
Viscosidad	cP	1,19	
Factor de seguridad de Potencia	---	1,1	
Factor de seguridad en pérdidas de carga	---	1,1	
Rugosidad en cañerías HDPE	mm	0,07	
Presión Atmosférica	mca	10,33	
Presión de Vapor	mca	0,24	
Q Nominal	m3/h	144,0	
factor de diseño	---	1,0525	
Q Instantáneo	m3/h	151,6	

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 23
-----------------------------	--	------------

Tramos		1	2	3	4	5	6	7	8
Caudal total de diseño	m3/h	151,6	151,6						
Material		HDPE	HDPE						
Diámetro nominal	mm	280	250						
Diámetro exterior	mm	280,0	250,0						
Schedule	---	PN10	PN10						
Espesor	mm	25,50	22,80						
Diámetro interior	mm	229,0	204,4						
Velocidad a flujo de diseño	m/s	1,02	1,28						
Nº Reynolds	---	202210	226547						
Coef. Pérd. Carga	---	0,0178	0,0178						
Longitud	m	357	3						
Singularidades	K	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.
Codo 90°	0,9	3	2						
Codo 45°	0,4	1							
Tee entrada 90°	1								
Tee salida 90°	1,3								
Reducción	0,35	1							
Expansión	0,7		1						
Válvula check	3	1							
Válvula mariposa	0,3		1						
Válvula de pie	2,5								
K total	---	6,45	2,8						
Pérdida de carga por tramo	mcl	1,82	0,26						
J (pérdida de carga friccional)	%	0,41	0,73						
Pérdida de carga total	mcl	2,1							
Altura geométrica	m	20,0							
TDH	mcl	39,3							
Presión de descarga	Bar(g)	2,2							
Altura de succión	m	17,00							
NPSH Disponible	m	25,0							
Eficiencia de la bomba	%	80							
Eficiencia del motor	%	98							
Eficiencia mecánica	%	98							
Potencia estimativa	kW	24							

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 24
-----------------------------	--	------------

6.2 Diseño de Segundo Tramo de Impulsión (desde estanque 1 a estanque 2)

PLANILLA DE CÁLCULO									
IMPULSIÓN 40lts/s (estanque 1 a estanque 2)									
Fluido: Agua de mar				DISTANCIA 102 METROS; DIFERENCIA DE COTA 18,6 METROS (16,4 a 35 MSNM); CAÑERÍA HDPE PN 10 (280mm)					
Densidad	kg/m ³	1028							
Temperatura	°C	15							
Viscosidad	cP	1,19							
Factor de seguridad de Potencia	---	1,1							
Factor de seguridad en pérdidas de carga	---	1,1							
Rugosidad en cañerías HDPE	mm	0,07							
Presión Atmosférica	mca	10,33							
Presión de Vapor	mca	0,24							
Q Nominal	m ³ /h	144,0							
factor de diseño	---	1,0525							
Q Instantáneo	m ³ /h	151,6							
Tramos		1	2	3	4	5	6	7	8
Caudal total de diseño	m ³ /h	151,6	151,6						
Material		HDPE	HDPE						
Diámetro nominal	mm	280	280						
Diámetro exterior	mm	280,0	280,0						
Schedule	---	PN10	PN10						
Espesor	mm	25,50	25,50						
Diámetro interior	mm	229,0	229,0						
Velocidad a flujo de diseño	m/s	1,02	1,02						
N° Reynolds	---	202210	202210						
Coef. Pérd. Carga	---	0,0178	0,0178						
Longitud	m	2	105,6						
Singularidades	K	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.
Codo 90°	0,9	0	2						
Codo 45°	0,4	0							
Tee entrada 90°	1								
Tee salida 90°	1,3								
Reducción	0,35	1							
Expansión	0,7		1						
Válvula check	3	1							
Válvula mariposa	0,3		1						
Válvula de pie	2,5								
K total	---	3,35	2,8						
Pérdida de carga por tramo	mcl	0,19	0,59						
J (pérdida de carga friccional)	%	0,41	0,41						

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 25

Pérdida de carga total	mcl	0,8
Altura geométrica	m	15,0
TDH	mcl	15,8
Presión de descarga	Bar(g)	1,6
Altura de succión	m	0,00
NPSH Disponible	m	9,6
Eficiencia de la bomba	%	80
Eficiencia del motor	%	98
Eficiencia mecánica	%	98
Potencia estimativa	kW	10

7 DISEÑO DE SISTEMA DE DESCARGA

El diseño del sistema de descarga se realizó considerando lo siguiente:

- Se supone que la descarga se hace a una profundidad de 5m bajo el nivel medio del mar, y a partir de la batimetría, se determina un largo de tubería de descarga de 200m hasta la playa.
- Se supone que la cota superior de la descarga se encuentra en la elevación 30msnm

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 26
-----------------------------	--	------------

PLANILLA DE CÁLCULO

RECHAZO 24lts/s

Fluido: Agua de mar			DISTANCIA 102 METROS; DIFERENCIA DE COTA 18,6 METROS (16,4 a 35 MSNM); CAÑERÍA HDPE PN 10 (280mm)
Densidad	kg/m3	1089	
Temperatura	°C	15	
Viscosidad	cP	1,19	
Factor de seguridad de Potencia	---	1,1	
Factor de seguridad en pérdidas de carga	---	1,1	
Rugosidad en cañerías HDPE	mm	0,07	
Presión Atmosférica	mca	10,33	
Presión de Vapor	mca	0,24	
Q Nominal	m3/h	86,0	
factor de diseño	---	1,0525	
Q Instantáneo	m3/h	90,5	

Tramos		1	2	3	4	5	6	7	8
Caudal total de diseño	m3/h	90,5							
Material		HDPE							
Diámetro nominal	mm	200							
Diámetro exterior	mm	200,0							
Schedule	---	PN10							
Espesor	mm	18,20							
Diámetro interior	mm	163,6							
Velocidad a flujo de diseño	m/s	1,20							
Nº Reynolds	---	179071							
Coef. Pérd. Carga	---	0,0187							
Longitud	m	337							
Singularidades	K	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.
Codo 90°	0,9	2							
Codo 45°	0,4	0							
Tee entrada 90°	1								
Tee salida 90°	1,3								
Reducción	0,35	1							
Expansión	0,7	1							
Válvula check	3	1							
Válvula mariposa	0,3								
Válvula de pie	2,5								
K total	---	5,85							
Pérdida de carga por tramo	mcl	3,24							
J (pérdida de carga friccional)	%	0,83							

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 27

Pérdida de carga total	mcl	3,2
Altura geométrica	m	-30,0
TDH	mcl	3,6
Presión de descarga	Bar(g)	-2,9
Altura de succión	m	0,00
NPSH Disponible	m	6,0
Eficiencia de la bomba	%	80
Eficiencia del motor	%	98
Eficiencia mecánica	%	98
Potencia estimativa	kW	1

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 28

8 RESUMEN

- La capacidad total de bombeo deberá suministrar el flujo de alimentación máximo requerido bajo condiciones de marea baja.
- La tubería de descarga de salmuera será ubicada a una distancia tal que impida la succión de agua proveniente de la descarga por el sistema de captación de agua de mar;
- El extremo de la tubería de descarga de salmuera será equipado con difusores para lograr la dispersión.
- La tubería será apoyada en el fondo marino por medio de “muertos” de hormigón u otro sistema de anclaje que asegure su estabilidad;
- El material de la tubería será polietileno de alta densidad (HDPE) o similar.

8.1 Captación

Largo total = 450m

Material = HDPE PN10 D = 280mm

Potencia total requerida = 24kW

8.2 Descarga

Largo total = 337m

Material = HDPE PN10 D = 200mm

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 29

Potencia total requerida = 1kW

Dimensionamiento y Cubicación de la Obra de Captación de Agua de Mar

1- Torre de Captación

Sección cuadrada de 2 m de alto

Cuántia Acero	Kg/m ³	100
---------------	-------------------	-----

Q captar (l/s)	v (m/s)	b teórico (m)	b adoptado (m)	V hormigón (m ³)	Acero (kg)
40	1,02	0,2	0,6	3,6	360,0

2- Tubería de Captación

Tubería HDPE - PECC 100 PN10 de L=320 m L=137m

Q captar (l/s)	v (m/s)	D int teórico (mm)	D int real (mm)	D ext (mm)	e (mm)
40	1,02	229	229	280	26

3- Machones de Anclaje o Lastre para Captación

Q captar (l/s)	D ext (mm)	Desplazamiento (kg/m)	V hormigón/machon (m ³)	Peso Sumergido (kg)	Distanciamiento (m)	N° Machones 1 c/ 6 m	V hormigón (m ³)	Acero (kg)
40	280	50	0,3	422	6,0	54	16,6	1.661,1

Nota: ancho (m) 0,4

4- Sentina de Planta de Bombeo

Sección Rectangular

Profundidad (m)	Ancho (m)	Largo (m)	V hormigón (m ³)	Acero (kg)
3	5	5	28,5	2.848,8

Dimensionamiento y Cubicación de la Obra de Descarga o Emisario

5- Tubería de Emisario o Descarga de Salmuera

Tubería HDPE - PECC 100 PN10 de L=200 m

Q captar (l/s)	v (m/s)	D int teórico (mm)	D int real (mm)	D ext (mm)	e (mm)
20	1,2	146	163	200	18

6- Machones de Anclaje o Lastre para Emisario

Q captar (l/s)	D ext (mm)	Desplazamiento (kg/m)	V hormigón/machon (m ³)	Peso Sumergido (kg)	Distanciamiento (m)	N° Machones 1 c/ 6 m	V hormigón (m ³)	Acero (kg)
40	200	26	0,2	249	6,0	34	6,2	616,9

Nota: ancho (m) 0,4

L (m) = 200

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 30
-----------------------------	--	------------

8.3 Costos

A continuación se presentan los costos con un 30% de exactitud.

	Item	UNI	CANT	P.U. (US\$)	TOTAL (US\$)
	INGENIERIA Y ESTUDIOS PREVIOS				
A1	ESTUDIOS DE SITIO	GL	1	20,000	20,000
A2	ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL	GL	1	15000	15,000
A3	CONCESION MARITIMA	GL	1	13000	13,000
A4	PROYECTO INGENIERIA	GL	1	12000	12,000
					60,000
	CONSTRUCCION CAPTACION				
	1 TRAZADO Y PREPARACION FONDO DE MAR				
1.1	Trazado del eje y boyarización	GL	1	3000	3,000
1.2	batimetría de precisión	GL	1	10000	10,000
1.3	inspección submarina	GL	1	11500	11,500
1.4	preparación del fondo de mar	GL	1	10000	10,000
					34,500
	2 MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1	Excavación en playa entibada 0-2 m	m3	200	18	3,600
2.4	Excavación submarina desde muelle	m3	50	150	7,500
2.5	Tablestacado submarino	m	200	406	81,200
2.6	Rellenos	m3	200	10	2,000
2.7	Retiro excedentes	m3	100	3	300
					94,600
	3 MUELLE DE LANZAMIENTO				
3.1	Construcción muelle (de reuso)	GL	1	11000	11,000
3.2	Retiro muelle	GL	1	3000	3,000
					14,000
	4 FABRICACION LASTRES				
4.1	Fabricación lastres H.A. H-30	cu	88	1500	132,000
4.2	Pernos acero inoxidable	cu	176	80	14,080
					146,080
	5 SUMINISTRO DE CANERIAS DE HDPE - PN10				
5.1	Suministro y transporte cañ D = 280 mm	m	450	70	31,500
5.2	Suministro y transporte cañ D = 200 mm	m	337	50	16,850
					48,350
	6 LANZAMIENTO E INSTALACION EN FONDO				
6.1	Lanzamiento Tubería	GL	1	20000	20,000
6.2	Correcciones menores en fondo	GL	1	3000	3,000
					23,000
	7 TORRE DE CAPTACION Y SENTINA DE BOMBEO				
7.1	Hormigón H-30	m3	32.1	700	22,470
7.2	Galpón	GL	1	30000	30,000
					52,470
	8 PLANTA DE BOMBEO				
8.1	Bombas	u	4	15000	60,000
					60,000
	10 DESPEJE Y RETIRO DE FAENAS				
10.1	Despeje y retiro	GL	1	3500	3,500
					3,500

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 31

RESUMEN

ESTUDIOS Y ANTECEDENTES CLIMÁTICOS DEL RÉGIMEN NATURAL DEL LITORAL PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.

INTRODUCCIÓN

Los parámetros que a continuación se indican, se refieren a trabajos recientes ejecutados, algunos de ellos, de más de un año, de los estudio de vientos, olas, mareas y corrientes, y su efecto en el mar, que permitan seleccionar a esta escala, el lugar más adecuado para ubicar la Planta Desalinizadora de "Alto La Portada", la toma de agua de mar, así como la descarga de agua de rechazo que resultara del tratamiento en dicha planta.

RESULTADO DE LOS ESTUDIOS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS

PARÁMETROS CLIMÁTICOS	RESULTADO DE LOS ESTUDIOS
a) Mareas	❖ Rango de mareas de Sicigia =1.60 metros. ❖ Una marea semidiurna, vale decir, 2 pleamares y 2 bajamares en el día, con desigualdad diurna de poca importancia. ❖ Nivel medio del mar (nmm)=0.89 metros, sobre el nivel de reducción de sonda (NRS)
	❖ Todos los años se reitera que entre las 06:00 hrs y las 8:00 hrs se produce un fuerte cambio en la dirección del viento. Este cambio es una variación desde la dirección de 90° hasta 280°, o sea un cambio de sentido del viento del 1er cuadrante (N-NE-E) al tercer cuadrante(S-SW-W). Asimismo, es notorio que el viento es

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 32

b) Vientos	dominante en el tercer cuadrante prácticamente desde las 09:00 hasta las 03:00 del siguiente día, o sea, el 75 % del tiempo solar, lo cual es atribuible a los efectos que se producen en la zona por la alta presión del Pacífico Sur. Durante el día, las brisas ocurren de mar hacia tierra, o sea de mayor presión a la menor; siendo la virazón la que se hace presente a partir de las 09:00 de la mañana y declinando al atardecer. ❖ En las observaciones de las velocidades, se tiene como promedio, velocidades en el orden de 5 m/s y que ocurren entre las 14 y 17 horas, asociados a vientos con dirección de 250°, del sector W-SW. Asimismo el histograma de velocidades indica que el rango de velocidades de 1-5 m/s (mínimo) tiene una frecuencia del 72 %, y para el rango de 5-9 m/s (máximos), registra una frecuencia del 28%. ❖ En relación a lo anterior, se observan cambio de las velocidades, creciendo a partir de las 04:00 hrs y decreciendo 12 horas después, a partir de las 16:00 hrs, lo cual muestra un comportamiento regular de un máximo y un mínimo en 24 horas. Esto podría indicar un paro en las aceleraciones del viento. Los valores mínimos de las velocidades ocurren cuando se produce el cambio de dirección del 1er al 3er cuadrante.
c) Olas	❖ Desde el punto de vista práctico, los valores de la altura de rompiente es de $H_b = 3.0$ metros a la profundidad $d_b = 4.0$ metros. El valor de la profundidad es variable, pues dependerá de la altura y período de la ola, pendiente del litoral, y por esta razón, es mejor hablar de rangos donde se producen los rompientes. ❖ Considerando que la variación de marea en el sector de estudio está en el orden de 1.6 metros, se puede definir que la zona de rompiente tiene un ancho 25 metros para una pendiente fondo de 6% (la rompiente se inicia a 66 metros de la línea de costa), y para la pendiente de fondo del 10% la zona de rompiente tiene un ancho de 15

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 33

	metros (la rompiente se inicia a 40 metros de la costa).
d) Corrientes	❖ De la información disponible de las corrientes en la bahía de San Jorge, se puede resumir que el elemento de mayor fuerza influyente en la circulación lo constituye la surgencia activa al sur de la bahía de Antofagasta, mostrando una persistencia del mismo a través del año y que genera una pluma (de surgencia) de orientación norte o noroeste. ❖ La alta variabilidad en la intensidad de los vientos S y SW, manifestada diariamente, indica que el foco de surgencia es altamente variable de día a día, lo cual da lugar a una zona frontal o frente de surgencia hacia la boca sur de la bahía y que fluctúa su posición. Esta situación mantiene una alta capacidad de retención del agua mas interna en la bahía. ❖ Es factible asumir que se forma una cuña de agua fría cuya base es la zona frontal o zona de surgencia que actúa como una fuerza sobre el cuerpo de agua más cálida de la bahía, y puede inducir una inversión del flujo posterior hacia el sur. Este mecanismo de acción del foco de surgencia está conceptualizado en tres fases: I. Intensificación de la componente sur del viento, lo cual induce surgencia activa al sur de la bahía, pulsando la pluma fría hacia el norte y llenando la bahía. II. Disminución de la surgencia y en consecuencia reversión del flujo hacia el sur, favorecido por la morfología de la costa y la topografía. III. Formación de una zona frontal en el sector sur de la boca de la bahía retardando el flujo hacia el sur y favoreciendo la formación de una circulación ciclónica al interior de la bahía.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 34

DESARROLLO:

a) Estudio de las Mareas:

Las corrientes generadas por los cambios de marea en este tipo de litoral son insignificantes según Silvestre. El SHOA entrega los siguientes datos para el puerto de Antofagasta.

1. Rango de marea de Sicigia = 1.60 metros.
2. Una marea semidiurna, vale decir, 2 pleamares y 2 bajamares en el día, con desigualdad diurna de poca importancia.
3. Nivel medio del mar (nmm) = 0.89 metros sobre el nivel de reducción de sonda (NRS)

b) Estudio de Vientos:

1. El viento es uno de agentes forzantes de las corrientes sobre todo para el movimiento de las aguas superficiales, que depende de las condiciones locales. Por lo tanto, la información del viento resulta necesaria para conocer la dinámica en el sector.
2. La Climatología del viento se ha obtenido de la base de datos registrados en dos estaciones meteorológicas cercanas; La Estación Meteorológica de la Universidad Católica del Norte-Sede Antofagasta y la Estación Meteorológica de la Universidad de Chile, ubicada en el aeropuerto Cerro Moreno, Antofagasta.
3. En base al procesamiento de las observaciones diarias, se ha obtenido los diagramas del comportamiento de los vientos en dirección y velocidad por cada año, desde 1999 al 2009, así como, un resumen y consolidado de la etapa que considera la variabilidad en otoño, invierno, primavera (los más intensos) y verano, definiendo el patrón climatológico anual de los vientos.

Resultados del Estudio de Vientos

- ❖ En la Figura 1, se observa que entre las 06:00 hrs y las 8:00 hrs se produce un fuerte cambio de gradiente o cambio en la dirección del viento, el cual se reitera todos los años. Este cambio está asociado a la variación de la dirección del viento de 90° hasta 280°, o

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 35
-----------------------------	--	------------

sea, 180° aproximadamente, lo cual indica el cambio del sentido del viento del 1er cuadrante (N-NE-E) al tercer cuadrante (S-SW-W). Asimismo, es notorio que el viento es dominante en el tercer cuadrante prácticamente desde las 09:00 hasta las 03:00 del siguiente día, o sea, el 75 % del tiempo solar, lo cual es atribuible a los efectos que se producen en la zona por la alta presión del Pacífico Sur. Por otra parte, este sector también está expuesto a los vientos locales conocidos como la "virazón" y el "terral", que en realidad son brisas de valores significativos que periódicamente cambian de dirección. Durante el día, las brisas ocurren de mar hacia tierra, o sea de las zonas más frías a la más calientes, de mayor presión a la menor; siendo la virazón la que se hace presente a partir de las 09:00 de la mañana y declinando al atardecer.

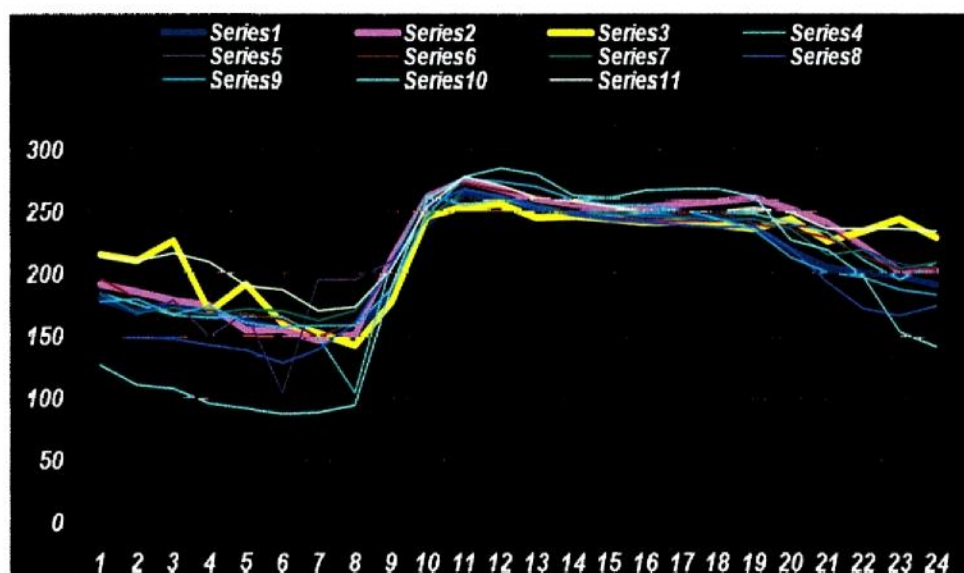


Figura 1. Resumen consolidado de las mediciones horarias de la dirección del viento durante 11 años. Fuente: Estación. Meteorológica UCN, 2010

- ❖ En las observaciones de las velocidades, se tiene como promedio, velocidades en el orden de 5 m/s y que ocurren entre las 14 y 17 horas, asociados a vientos con dirección de 250° , del sector W-SW. Asimismo el Histograma de velocidades, indica que el rango de velocidades de 1-5 m/s (mínimo) tiene una frecuencia del 72 % (aproximadamente), y para el rango de 5-9 m/s (máximos) registra una frecuencia del 28% .

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 36

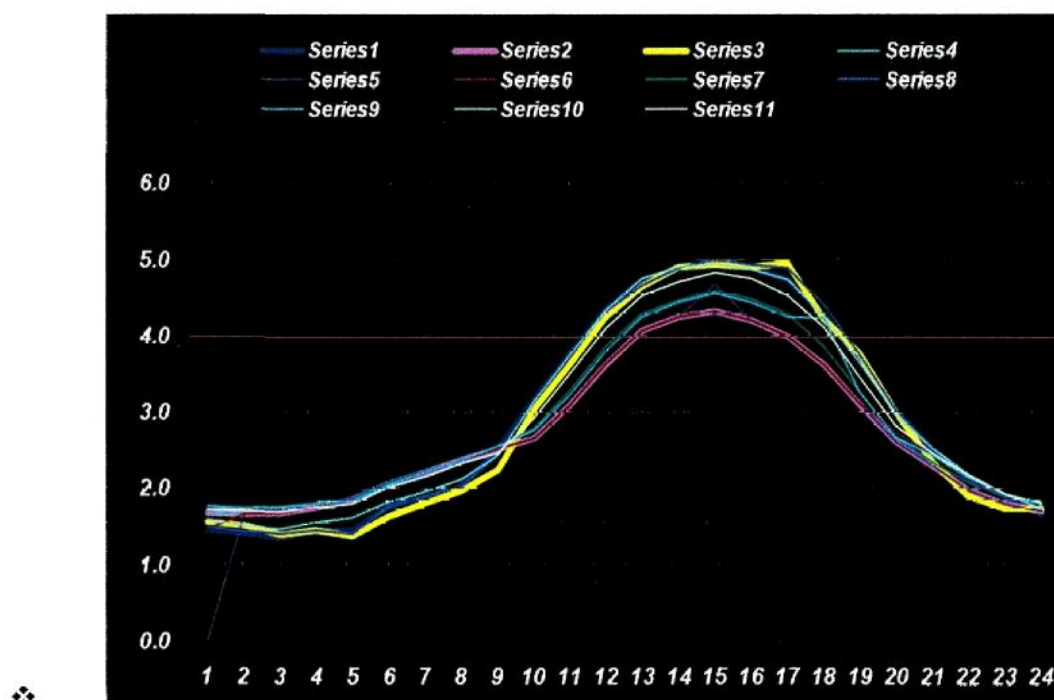


Figura 2. Registro velocidades (m/s) Vs. horas. Período 1999-2009

- ❖ En relación a lo anterior, se observa en la Figura 2, dos puntos de inflexión de las velocidades, creciendo a partir de las 04:00 hrs., y 12 horas después, decreciendo a partir de las 16:00 hrs, lo cual muestra un comportamiento regular de un máximo y un mínimo en 24 horas. Esto podría indicar que se anulan los gradientes de velocidad, o bien un paro en las aceleraciones del viento (son cero). En el caso particular los valores mínimos de las velocidades ocurren cuando se produce el cambio de dirección del viento del 1er al 3er cuadrante.

c) Estudio de Olas:

Del registro de olas se puede establecer los siguientes puntos de interés:

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 37

1. La dirección más frecuente del frente de olas de aguas profundas es la orientación suroeste (SW) y oeste (W), asociado a la circulación del anticiclón del Pacífico, confirmándose esto con los vientos locales en la rada de la Bahía San Jorge.
2. Los periodos modales varían entre 6 y 11 segundos para mediciones en 1 año, mientras que el valor del periodo, como promedio ponderado resulta ser de 9 s, con una altura promedio de $H_0=1,1$ metros.
3. La altura de ola en agua profunda es asociada a un periodo de retorno de 20 años, tiempo útil de la obra marítima. Por lo tanto, la altura de la ola de agua profunda representativa del sector es de $H_0=2,0$ metros, con un periodo promedio de 9 s.
4. El estudio de propagación de las olas en el litoral indica que la refracción se inicia sobre la curva batimétrica de 60 metros.
5. Para el litoral, la línea de rompiente será determinada a partir de los valores de alturas de olas de aguas profundas y a un periodo de retorno de 20 años con los respectivos periodos asociados a ella. La orientación del frente de olas incidentes es del SW y del W.

Resultados del Estudio de Olas

- ❖ Desde el punto de vista práctico, los valores de la altura de rompiente es de $H_b=3.0$ metros a la profundidad $d_b=4.0$ metros. El valor de la profundidad es variable, pues dependerá de la altura y periodo de la ola, pendiente del litoral, y por esta razón, es mejor hablar de rangos donde se producen los rompientes.
- ❖ La influencia de la altura de la marea es importante, definiendo la zona de rompiente de los valores extremos de la marea y de la pendiente de fondo.
- ❖ Considerando que la variación de marea en el sector de estudio está en el orden de 1.6 metros (marea de Sicigia), se puede definir que la zona de rompiente tiene un ancho 25 metros para una pendiente fondo del 6% (la rompiente se inicia a 66 metros de la línea de costa), y para la pendiente de fondo de 10%, la zona de

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 38

rompiente tiene un ancho de 15 metros (la rompiente se inicia a 40 metros de la costa).

d) Estudio de Corrientes:

Este estudio tiene como objetivo la caracterización de las corrientes de mar, determinando el patrón de circulación, factor fundamental para la ubicación de la captación y rechazo de agua de mar

1. La corriente en el área costera frente a los acantilados de La Portada muestra una respuesta importante a los cambios cíclicos del viento. Existe una notable rotación del flujo en sentido Norte-Sur. Este análisis se ha realizado en base a fuentes de datos disponibles realizado en base a derivadores, los cuales determinan las posibles trayectorias. Dentro de las fuentes de información de datos registrado en la Bahía de San Jorge, se dispone de investigaciones realizadas por la Universidad de Antofagasta en distintos (períodos invierno y verano) por más de 100 días
2. El sector costero está localizado en el área norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (SCH), es una costa predominantemente rectilínea. La plataforma continental es estrecha y en algunos sectores virtualmente inexistente. Las aguas presentan movimientos ascendentes, desde profundidades generalmente menores de 100-200 metros y removidas posteriormente por el flujo horizontal. Esta característica es conocida como surgencia costera y que determina los contrastes climáticos de la zona.
3. Frente a Antofagasta se desarrolla una activa mezcla de masas de aguas y cambios en las corrientes como resultado de la interacción de cuatro flujos mayores: la Corriente Superficial Perú-Chile dirigida al polo, la Corriente Chile-Perú dirigida al Ecuador, la Corriente Subsuperficial de Gunther dirigida hacia el polo y que se aproxima hacia la costa en la zona norte de Chile, y la Corriente Chilena Costera la cual es muy variable en sentido e intensidad.
4. Como resultado, la bahía debería estar sujeta a un flujo variable sur-norte paralelo a la costa, derivado de la Corriente Chilena Costera. Sin embargo, su orientación hacia el sur y su morfología costera, sumada a una forzante de vientos predominante del sur y del suroeste en la zona, motivan un giro en su interior. Bajo esta condición, se puede generar una zona de baja energía en estado prácticamente inercial, que favorecería el considerar que la circulación está dada en el contexto de la capacidad de retención y renovación de aguas.

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 39

5. Para los periodos indicados se utilizó información de 30 días de vientos obtenida desde la base meteorológica del aeropuerto de Cerro Moreno de Antofagasta, la cual fue contrastada con información de vientos obtenida de la UCN.
6. En el sector La Rinconada, en época de verano e invierno, la corriente horaria fue altamente variable en dirección y velocidad en el periodo de menos de 24 horas, posiblemente debido al ciclo de mareas, los efectos de la topografía por la cercanía con la línea costera y la presencia de variaciones de alta frecuencia del viento.
7. La Tabla 1 registra las direcciones predominantes de la corriente y sus velocidades medias asociadas. Durante los meses de febrero a marzo la dirección alterna en proporciones similares del norte y del este aunque con un considerable número de casos que se revierten al sur. En el periodo de julio a septiembre la corriente del sur tiende a predominar, aunque también existen muchos casos alternos.
8. El análisis de mediciones quincenales de la corriente sugiere cambios estacionales de las direcciones y velocidades dominantes en el sector La Rinconada. En verano, entre 0 y 50 metros la dirección predominante observada es hacia el este y norte, con una reversión al sur y este en el otoño e invierno. Las mayores velocidades se concentran en fases dominantes al sur y con periodos de calma durante la transición estacional. La distribución vertical de la temperatura del agua sugiere una conexión entre los cambios estacionales de la corriente y el levantamiento de las isotermias, posiblemente asociados a periodos de intensificación de la surgencia.

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 40
-----------------------------	--	------------

Febrero-Marzo

	Norte	Sur	Este	Oeste	Total
n	253	156	225	108	743
%	34	21	31	14	100
Intensidad	5.8	4.6	3.4	3.9	4.4

Julio-Septiembre

	Norte	Sur	Este	Oeste	Total
n	460	505	390	442	1797
%	26	27	22	25	100
Intensidad	3.9	3.4	2.8	2.7	3.2

Tabla 1. Resumen estadístico de corrientes medidas en la bahía en dos periodos: de Febrero – Marzo (verano) y de Julio-Septiembre (invierno), donde n: es el número de vectores promedios horarios correspondientes a un total de 33 días y 75 días de verano e invierno respectivamente, el % corresponde a la frecuencia en cada dirección, y (intensidad) la velocidad media cm/s para cada dirección.

9. Durante el mes de agosto, la medición directa de corrientes se realizó en periodo de relativa calma, en condiciones de viento del sur de intensidades débiles (1 a 4 m/s). Las velocidades de corrientes fluctuaron con una media de 30 cm/s. La velocidad media de la capa superficial (0-10metros) fue de 31.8 cm/s, en la capa media (10-50metros) de 28.9 cm/s, mientras que en la capa más profunda (50-100metros) la velocidad media fue de 27.7 cm/s. En cada punto de medición, la dirección fue muy similar en las tres capas.
10. La información de las series de tiempos indicadas en el Sector La Rinconada, que representa un punto receptor final del cuerpo de agua que ingresa a la bahía, revela variabilidad de alta frecuencia, dada su cercanía a la playa a unos 100 metros y baja profundidad, menor de 50 metros.
11. El flujo neto de transporte hacia la costa es muy consistente y coincide con observaciones espaciales realizadas. Es decir, el muestreo realizado reflejan la dinámica más global de circulación en la bahía.
12. La Figura 1 muestra que el flujo de agua tiende a ingresar por el sector noroeste de la bahía y a vaciarse a través del sector suroeste. Adicionalmente, el campo de vectores de La Figura 1

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 41

sugiere la presencia de un giro ciclónico (sentido horario) al interior de la bahía, el cual es consistente con el predominio de la corriente hacia el noreste (hacia la costa) en el sector La Rinconada. Por otra parte la presencia de vectores tangenciales al eje entre ambas puntas sugiere una zona frontal en el sector sur de la boca de la bahía.

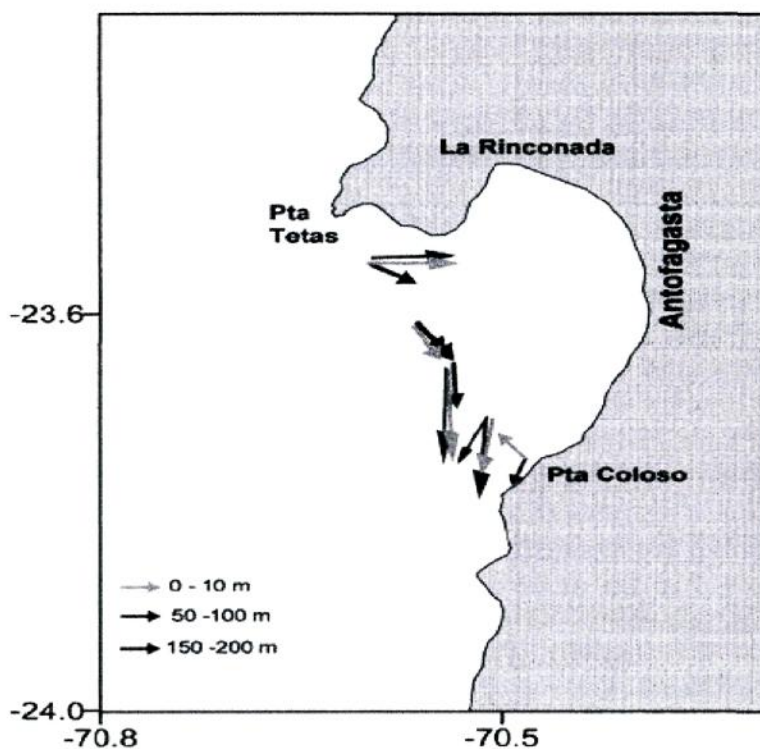


Figura 1 Distribución horizontal de la corriente en tres capas sobre el eje de entrada de bahía Antofagasta, obtenida desde perfiles de corrientes instantáneas mediante sensor Doppler. La magnitud de los vectores fluctuó entre 20 – 40 cm/s.

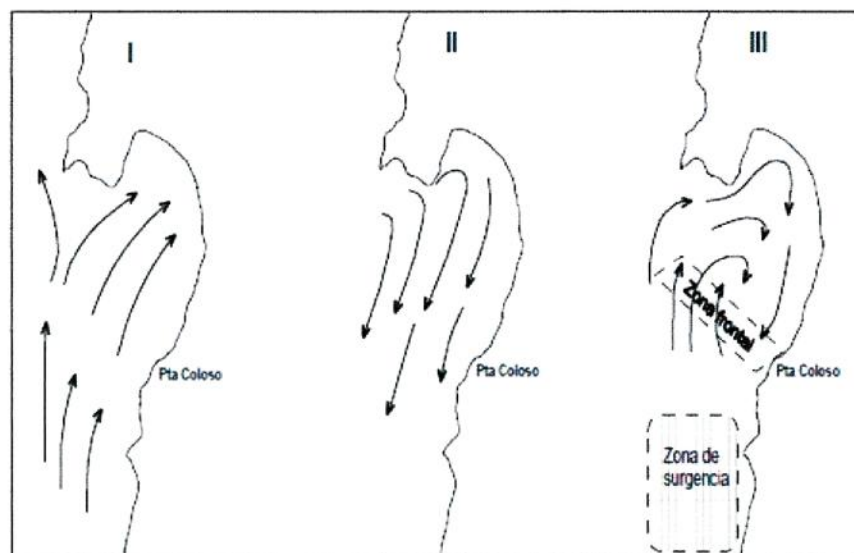
Resultados del Estudio de Corrientes:

- ❖ De la información disponible de las corrientes de agua en la bahía de San Jorge, se puede resumir que el elemento de mayor fuerza influyente en la circulación lo constituye **la surgencia activa al sur de la bahía de Antofagasta**, mostrando una persistencia del

Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 42

mismo a través del año y que genera una pluma (de surgencia) de orientación norte o noroeste.

- ❖ La alta variabilidad en la intensidad de los vientos S y SW, manifestada diariamente y en horas, indica que el foco de surgencia es altamente variable de día a día, lo cual da lugar a una zona frontal o frente de surgencia hacia la boca sur de la bahía que fluctúa su posición. Esta situación mantiene una alta capacidad de retención del agua mas interna de la bahía.
- ❖ Es factible asumir que se forma una cuña de agua fría cuya base es la zona frontal o zona de surgencia que actúa como una fuerza sobre el cuerpo de agua más cálida de la bahía, y puede inducir una inversión del flujo posterior hacia el sur. Este mecanismo de acción del foco de surgencia está conceptualizado en tres fases:
 - I. Intensificación de la componente sur del viento, lo cual induce surgencia activa al sur de la bahía, pulsando la pluma fría hacia el norte y llenando la bahía.
 - II. Disminución, de la surgencia y en consecuencia reversión del flujo hacia el sur, favorecido por la morfología de la costa y la topografía.
 - III. Formación de una zona frontal en el sector sur de la boca de la bahía retardando el flujo hacia el sur y favoreciendo la formación de una circulación ciclónica al interior de la bahía.



Máximo Tristá Ing. Civil	INFORME TECNICO PREDISEÑO SISTEMAS DE CAPTACION Y RECHAZO DE AGUA, PLANTA DESALINIZADORA, ALTO LA PORTADA, BAHIA DE SAN JORGE, ANTOFAGASTA, SEGUNDA REGION.	Página: 43

Figura 15 Modelo de circulación forzada por el viento y la surgencias al sur de la bahía de Antofagasta, en el se observa tres fases dinámicas: 1. Fase inicial forzante del viento que induce surgencia y llenado de la Bahía desde el Sur; 2 Fase intermedia de relajación de vientos y refluo del cuerpo de agua; 3 Desarrollo de zona frontal que induce zona de retención interior y giro ciclónico de la corriente.

ANEXO C

FACTIBILIDAD TECNICA DEL DISEÑO PLANTA DESALADORA ALTO LA PORTADA-ASGRALPA - ANTOFAGASTA

Tabla Contenido

	Pag.
1	Introducción
2	Objetivo
3	Alcance de la Alternativa
3.1	Etapas de Pre-tratamiento de Agua de Mar
3.2	Modulo de Osmosis Inversa
3.3	Sistema de pos-tratamiento
4.	Bases del Diseño
4.1	Generalidades
4.2	Calidades de agua
4.2.1	Agua de Alimentación
4.2.2	Requerimiento de Agua y Agua Producto (Permeado)
4.3	Consumo Energético
5.	Prediseño de la Planta de Desalación
5.1	Pre-tratamiento
5.2	Modulo de Osmosis Inversa
5.3	Simulación de la planta de osmosis inversa
5.4	Componentes principales de la Planta de Osmosis Inversa
5.5	Consumo de productos Químicos
5.6	Consumo Energético de la Planta
5.7	Generación y Manejo de Residuos Industriales
5.7.1	Residuos Industriales Líquidos
5.7.2.	Residuos Industriales Sólidos

Anexo C1: AQUAVANT: Cotización Planta RO

Anexo C2: Dow-FilmTec Membrane SW30HRLE-400

1. INTRODUCCION

La tecnología de ósmosis inversa permite el más elevado nivel de separación de sales disueltas. El progreso tecnológico en los materiales de la membrana y la experiencia en el diseño de las plantas de desalinización por ósmosis inversa hacen actualmente posible obtener del mar, con un coste competitivo, agua de buena calidad (dulce) en grandes cantidades para uso agrícola, industrial o para el consumo humano.

La Asociación Gremial de Agricultores de Alto la Portada (ASGRALPA), requiere evaluar alternativas de suministro de agua para su proyecto hidropónico de 100 hectáreas, localizadas en el sector Alto de la Portada de la Provincia de Antofagasta.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente documento es presentar los resultados de un estudio de prefactibilidad de una Planta Desalinizadora de Agua de Mar, como una tecnología alternativa para suministrar 20 L/s de agua desalinizada para el consumo de ASGRALPA, ya sea para el uso de agua potable como para el uso en cultivo hidropónico.

3. ALCANCE DE LA ALTERNATIVA DE ESTUDIO

La alternativa en estudio es un sistema de desalinización de agua de mar por osmosis inversa. Dicho sistema consta de un modulo de pre-tratamiento y el modulo de osmosis inversa. Se excluye las etapas de captación de agua de mar y descarga de salmuera (rechazo de la planta de Osmosis Inversa), por ser estas parte de un estudio que se presenta en Anexo B del informe Global del sistema de abastecimiento de agua al sector Alto la Portada-Antofagasta.

3.1 ETAPA DE PRE-TRATAMIENTO DE AGUA DE MAR

Las membranas de Osmosis Inversa pueden ensuciarse fácilmente debido a la presencia de partículas, a la formación de incrustaciones y al crecimiento biológico. Las incrustaciones se forman por el depósito de minerales –causado por sales parcialmente insolubles en el agua bruta – en los materiales de conducción y membranas, lo cual puede reducir la eficiencia del proceso y ensuciar las membranas. Dichas sales precipitan de las soluciones y se acumulan en las membranas, causando la degradación de éstas, que con frecuencia quedan inservibles. Para disminuir esos efectos, en las plantas de desalinización que emplean membranas se utiliza la filtración de residuos en la forma de partículas grandes y, además, se agregan productos químicos anti-incrustantes y/o se emplea una tecnología de filtración más refinada, como micro filtración o ultra filtración. La micro filtración generalmente elimina partículas > 0.1 micrones (bacterias y sólidos finos), mientras que la ultra filtración elimina partículas > 0.005 micrones (pigmentos, coloide, virus y aceites emulsionantes); ambos procesos de filtración son impulsados por presión.

Desafortunadamente, la adición de productos químicos anti-incrustantes puede causar un aumento en el crecimiento biológico sobre las membranas, lo cual resulta en atascamiento, una menor eficiencia, mayores costos de operación e incluso, potencialmente, la destrucción de la membrana misma. El grado de ensuciamiento biológico que ocurra dependerá de la cantidad de luz solar, el tipo y la cantidad de productos anti-incrustantes que son empleados, el pH del agua de alimentación y la cantidad de algas presentes en el agua bruta. Por consiguiente, si se quiere evitar el crecimiento biológico y la formación de incrustaciones, es posible reemplazar la Micro-filtración (tamaño de poros de 0.1 a $0.2 \mu\text{m}$) por la Ultra filtración (tamaño de poros de 0.01 a $0.05 \mu\text{m}$) y evitar así también el uso de reactivos químicos tales como ácidos para reducir los efectos de la incrustación.

3.2 MODULO DE OSMOSIS INVERSA

La ósmosis es el paso espontáneo de un líquido a través de una membrana semi-permeable desde una solución diluida a otra de mayor concentración. La fuerza impulsora es la presión osmótica, que es función del tipo de solvente y del soluto, así como también de su concentración. Por el contrario, la Osmosis Inversa es un proceso que invierte el fenómeno de osmosis natural, forzando el flujo inverso a través de la membrana semi-permeable al aplicar una presión mayor a la presión osmótica a una solución delimitada por una membrana semipermeable, es decir, al aplicar una presión adicional en el lado del concentrado se origina una ósmosis inversa, en donde el flujo va desde el lado del concentrado hacia el lado diluido.

Para el caso de agua de mar, de modo de vencer la presión osmótica del agua de mar (aprox. 26 Bar), es necesario elevar la presión a valores de 50-80 bar. Una vez aumentada la presión, el fluido pasa por uno o más trenes de osmosis inversa en paralelo. Los productos del proceso de osmosis inversa son una corriente de agua desalinizada o permeado, y una corriente de salmuera denominada "rechazo" (la osmosis retiene partículas > 0.0001 micrones; iones metálicos, sales y minerales monovalentes).

La salmuera generada en el sistema de osmosis inversa, mezclada con el desagüe de retrolavado de los filtros, se almacenará en un estanque de desagüe de salmuera, que descarga al mar por gravedad, a través de una tubería anclada al fondo marino y ubicado en un sector turbulento que facilite la dispersión de ella y que esté alejado de la obra de toma. Debido a la alta agresividad química que posee el agua de mar, la tubería de descarga de salmuera debe ser de polietileno de alta densidad.

3.3 SISTEMA DE POS-TRATAMIENTO

El permeado o agua producto puede ser utilizado directamente o pos-tratado, si se va a utilizar para consumo humano u otro uso específico. En el caso de su utilización para consumo humano, será suficiente con clorar el agua para su esterilización y endurecerla mediante la adición de calcio.

4. BASES DE DISEÑO

4.1 GENERALIDADES

Los parámetros de diseño considerados para la ejecución del proyecto de abastecimiento de agua al loteo Alto la Portada – ASGRALPA son los indicados en la siguiente Tabla:

Tabla 4.1 Parámetros de diseño

Parámetros	Unidad	Valor
Factor de diseño	-	1.3
Caudal nominal (Alimentación Planta Desaladora)	L/s	38.5
Caudal de diseño (Alimentación Planta Desaladora)	L/s	50
Temperatura de diseño	°C	22
Disponibilidad Planta Desaladora**	%	98
Disponibilidad sistema de impulsión	%	98
Horas totales de operación al día de planta desaladora y sistema de impulsión	Horas/día	24

$$* \text{ Caudal Nominal} = \frac{\text{Agua alimentada a la planta en un año}}{\text{Horas de operación en un año}}$$

$$** \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Numero de días de operacion/ año} \times 100}{365 \text{ días/año}}$$

4.2 CALIDADES DE AGUA

4.2.1 Agua de Alimentación

La siguiente tabla presenta una calidad típica de agua de mar de la costa norte de Chile. La calidad de agua es poco variable, sin embargo, deberá ser confirmada a través de campaña de muestreo durante una futura etapa de ingeniería, especialmente en lo referente a aceites, grasa y sólidos suspendidos.

Tabla 4.2 Calidad de Agua de Mar de Alimentación a la Planta.

Parámetro	Unidad	Valor
pH	-	7.5
TDS	mg/L	35.5
Temperatura	°C	22
Aluminio	mg/L	0.1
Amonio	mg/L	0.3
Boro	mg/L	4.7
Bario	mg/L	0.01
Bicarbonato	mg/L	112
Bromo	mg/L	6.7
Dióxido de Carbono	mg/L	4.1
Calcio	mg/L	420
Carbonato	mg/L	4.1
Sodio	mg/L	10945
Cloruro	mg/L	19,700
Cobre	mg/L	1
Fluoruro	mg/L	0.6
Hierro	mg/L	0.004
Magnesio	mg/L	1,310
Manganeso	mg/L	0.06
Nitrito	mg/L	< 0.1
Nitrato	mg/L	0.7
Fosfato	mg/L	100
Potasio	mg/L	390
Estroncio	mg/L	13
Sílice (coloidal)	mg/L	3
Sílice (soluble)	mg/L	8
Sulfato	mg/L	2,750
Zinc	mg/L	0.006
DBO5	mg/L	3
DQO	mg/L	6
Turbiedad	NTU	5
Aceites y Grasas	mg/L	10

4.2.2 Requerimiento de Agua y Agua Producto (Permeado)

La calidad de agua producto (permeado) entregada por una Planta Desaladora es la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 4.3 Requerimiento de Calidad de Agua Producto

Parámetro	Unidad	Requerimiento ASGRALPA	Calidad Agua Desalinizada
pH	-	7	5.9
Temperatura	°C		22
Sólidos disueltos totales, TDS	ppm	250 - 800	185
Sales			
Alcalinidad (HCO ₃ ⁻)	ppm	195	1
Conductividad Eléctrica	dS/m	0.5 - 1.2	
Cloruro	ppm	< 250	107
Sodio	ppm	< 148	65
Sulfato	ppm	148	2
Boro	ppm	< 0.4	1
Calcio	ppm		0.6
Cobre	ppm	0.01	
Cromo	ppm	0.007	
Fluoruro	ppm	0.8	0
Hierro	ppm	0.2	
Magnesio	ppm	30	2
Manganeso	ppm	0.01	
Selenio	ppm	0.001	
Zinc	ppm	0.03	
Arsénico	ppm	0.01	
Cadmio	ppm	0.0003	
Cianuro	ppm	0.001	
Mercurio	ppm	0.0001	
Nitrato	ppm	0.6	0.03
Nitrito	ppm	0.003	
Plomo	ppm	0.03	

4.3 CONSUMO DE ENERGÍA

A diferencia de otros métodos para el tratamiento de agua, los procesos de desalinización tienen requerimientos de energía significativamente más altos. Las tecnologías térmicas consumen grandes cantidades de energía e incluso la más eficiente de dichas tecnologías utiliza significativamente más energía que la OI para desalinizar el agua de mar. Tabla 4.5 presenta valores de consumo de energía asociado con los sistemas OI, con estos valores y las tarifas de energía eléctrica, es posible determinar los costos correspondientes de suministrar energía a las plantas de desalinización.

Tabla 4.5 Consumo de Energía eléctrica

Sistema de OI	Energía Consumida kWh/m ³
Mínimo Teórico	0.8
Agua de mar típica del Pacífico	4.2
Con Recuperación de Energía, 30 %	2.9

^a Cooley et al.2006; ^b Marin. Municipal Water District 2006;

^c Energy recovery, inc. 2006

El consumo de energía eléctrica puede representar hasta 44% del costo del agua que es producto de un sistema de Osmosis Inversa. Con los sistemas de recuperación de energía, se puede aumentar la eficiencia de la planta hasta en un 57%. Algunas de las tecnologías existentes para la recuperación de energía son las turbinas y los intercambiadores de presión. Ambos sistemas funcionan mediante la recaptura de una fracción de la energía utilizada en el proceso, al aprovechar la presión de las salmuera y transferirla a los requerimientos del insumo energético de la corriente de agua producto. La Figura 4.1 ilustra el proceso general de un sistema de intercambio de presión.

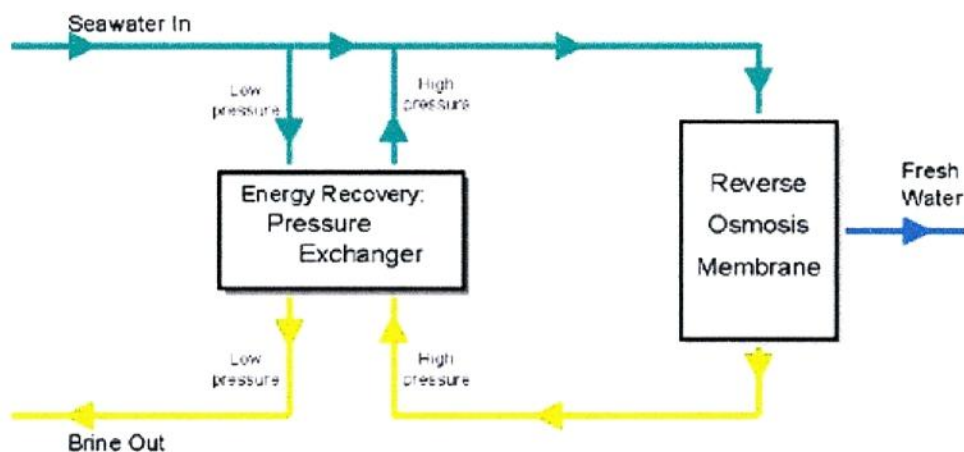


Figura 4.1 Diagrama de un intercambiador de presión (Seawater in = Entrada de agua de mar; Low Pressure = presión Baja; High Pressure = Presión alta; Energy Recovery: Pressure Exchanger = Recuperación de energía: intercambiador de presión; brine out = salida de salmuera; Reverse Osmosis Membrana = Membrana de Osmosis Inversa; Fresh Water = Agua Potable.)

Los intercambiadores de presión han sido utilizados con éxito en el proceso de osmosis inversa para reducir las demandas de energía. Esta tecnología todavía se está desarrollando y muchos fabricantes anuncian que sus productos tienen niveles altos de recuperación. Con los sistemas de recuperación de energía, los fabricantes han logrado operar sistemas de OI que consumen 1.6 kWh/m^3 (Energy Recovery, Inc. 2006). Eso representa menos de la mitad del consumo de energía requerido normalmente para desalar agua de mar del Océano Pacífico y se acerca al valor energético teórico de 0.8 kWh/m^3 .

5. PREDISEÑO DE PLANTA DESALADORA

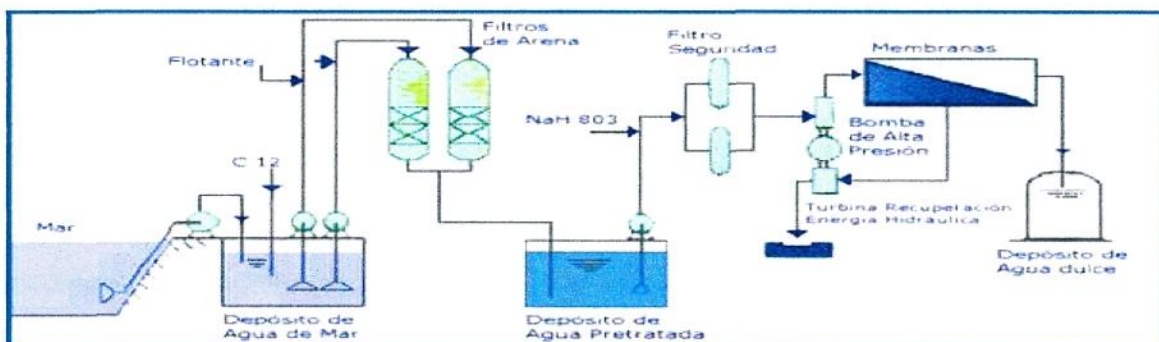


Figura 5.1 Diagrama esquemático de la planta desaladora de agua de mar ASGRALPA

5.1 Pre-tratamiento

Previo a su paso por las membranas de Osmosis Inversa, el agua es sometida a una serie de procesos tendientes a acondicionarla. El agua de mar captada y clorada ingresa a:

- Desarenadores para eliminar sólidos en suspensión que pueden ensuciar las membranas del módulo de osmosis inversa, eliminando partículas gruesas de fácil decantación. Se considera la dosificación de un coagulante para aglomerar los coloides (sólidos en suspensión) de tal forma de alcanzar un mayor tamaño para que puedan ser retenidos posteriormente en los filtros.
- Sistema DAF (Disssolved air flotation) Este proceso es muy efectivo y eficiente en términos de remoción de material particulado presente en el agua. Esta cualidad es excepcionalmente apropiada para el caso flóculos de baja densidad (ej. algas, flóculos conformados a partir de coloides de pequeños diámetro causantes de color y baja turbiedad).
- Posteriormente el agua pasa a través de dos sistemas de filtración multi-capa en serie, en orden de retener los sólidos en suspensión. Las capas progresivamente más finas de medio filtrante incrementan la retención de partículas más pequeñas. Los arreglos del medio (más grueso y menos denso en la parte superior y más fino y denso en el fondo) permiten al filtro estar en servicio por largos periodos de tiempo antes de requerir un retrolavado. Los filtros de medios filtrantes duales extraen sólidos suspendidos de tamaños de 10 a 20 micrones. La capa superior típica contiene antracita seguida de arena fina. Para el retrolavado de estos filtros se empleara salmuera a contracorriente. El desagüe producto del retrolavado de los filtros será acumulado en un estanque, mezclándose con el agua de descarte del módulo de OI.
- Sistema de inyección de productos químicos, tales como: meta-bisulfito y anti-incrustante, entre otros, a fin de asegurar la operación continua de la osmosis inversa, evitando así daños en las membranas. Meta-bisulfito para neutralizar el

- cloro remanente y anti-incrustante para evitar las incrustaciones de sales en las membranas.
- Sistema de filtros de cartucho, ultima unidad operativa por la cual el agua pasara antes de ingresar al modulo de OI. Con esto, aseguramos al mínimo el ingreso de sólidos en suspensión a las membranas (retiene partículas 1 a 25 micrones).

5.2 Modulo de Osmosis Inversa

El agua de mar pre-tratada, es impulsada mediante la bomba de alta presión hacia las membranas donde se produce el fenómeno de desalinización. Dos corrientes de agua se separan a partir de las membranas, una de baja salinidad denominada permeado, y otra de alta concentración de sales llamada rechazo que arrastra las sales no permeadas. La energía de la corriente del rechazo puede ser aprovechada por medio de un sistema de recuperación energética, que disminuya el consumo energético de la bomba de alta presión, bien sea a través de un acoplamiento mecánico al mismo eje de la bomba, o por acoplamiento hidráulico a la corriente de alimentación.

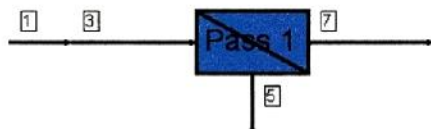
El modulo de osmosis inversa consiste principalmente en:

- Bombas de alta presión: encargada de elevar la presión del agua de alimentación al sistema de osmosis inversa por sobre la osmótica.
- Tubos de presión conteniendo membranas (SW30HLR-400) capaces de remover el boro.
- Unidad de intercambio de energía para mejorar la eficiencia energética del proceso recuperando la energía residual contenida en la salmuera antes de que ésta sea descargada al mar.
- Un sistema de limpieza in-situ (CIP o Clean-In-Place) deberá ser suministrado para limpiar las membranas de OI de materia biológica, partículas o incrustaciones.
- Pos-tratamiento del Permeado: Implementar sistema de mineralización y acondicionamiento de pH e Implementar sistema de desinfección

5.3 SIMULACION DE LA PLANTA DE DESALACIÓN

El prediseño se hizo con ayuda de un software Rosas 7.2 de DOW Water & Process Solution.

Proyecto ASGRALPA (vista esquematica de la planta)



Raw Water TDS	35913.86 mg/l	% System Recovery (7/1)	40.00%
Water Classification	Seawater (Open Intake) SDI < 5	Flow Factor (Pass 1)	0.85
Feed Temperature	22.0 C		

Pass #	Pass 1
Stage #	1
Element Type	SW30HRLE-400
Pressure Vessels per Stage	24
Elements per Pressure Vessel	6
Total Number of Elements	144
Pass Average Flux	13.46 lmh
Stage Average Flux	13.46 lmh
Permeate Back Pressure	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar
Chemical Dose	-
Energy Consumption	4.51 kWh/m³

Pass 1			
Stream #	Flow (m³/d)	Pressure (bar)	TDS (mg/l)
1	4320	0	35913.86
3	4320	51.9	35913.86
5	2591.96	50.53	59725.34
7	1728.04	-	195.36
07-Ene	% Recovery	40	

Design Warnings: None

Solubility Warnings:

Langelier Saturation Index > 0

BaSO4 (% Saturation) > 100%

Antiscalants may be required. Consult your antiscalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.

Simulación: Reverse Osmosis System Analysis for FILMTEC™ Membranes

Project: ASGRALPA
L. R., CEITSAZA - UCN

Project Information: Abastecimiento de agua al gremio hidroponico ASGRALPA, cuya actividades se desarrollaran en el sector Alto la Portada - Antofagasta

Case-specific: Calidad de Agua de Mar

System Details

Feed Flow to Stage 1	4320	m³/d	Pass 1 Permeate Flow	1728.04	m³/d	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	4320	m³/d	Pass 1 Recovery	40	%	Feed	24.94 bar
Feed Pressure	51.9	bar	Feed Temperature	22	C	Concentrate	42.44 bar
Flow Factor	0.85		Feed TDS	35913.86	mg/l	Average	33.69 bar
Chem. Dose	None		Number of Elements	144		Average NDP	17.47 bar
Total Active Area	5351.04	m²	Average Pass 1 Flux	13.46	lmh	Power	324.43 kW
Water Classification: Seawater (Open Intake) SDI < 5						Specific Energy	4.51 kWh/m³

System Details

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/d)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/d)	Conc Flow (m³/d)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/d)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	SW30HRLE-400	24	6	4320	51.55	0	2591.96	50.53	1728	13.46	0	0	195.36

Case-specific: Calidad de Agua de Mar

Pass Streams (mg/l as Ion)					
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate	Permeate	
			Stage 1	Stage 1	Total
NH4	0	0	0	0	0
K	390	390	648.51	2.25	2.25
Na	10946.58	10946.58	18208.83	53.6	53.6
Mg	1310	1310	2182.39	1.47	1.47
Ca	420	420	699.7	0.46	0.46
Sr	13	13	21.66	0.01	0.01
Ba	0.02	0.02	0.03	0	0
CO3	4.09	4.09	8.79	0	0
HCO3	112	112	182.39	0.92	0.92
NO3	0.7	0.7	1.14	0.04	0.04
Cl	19700.21	19700.21	32775.21	88.41	88.41
F	0.6	0.6	1	0	0
SO4	2750.03	2750.03	4582.63	1.22	1.22
SiO2	8	8	13.29	0.06	0.06
Boron	45.24	45.24	69.94	8.2	8.2
CO2	1.89	1.89	2.99	2.05	2.05
TDS	35913.86	35913.86	59725.34	195.36	195.36
pH	7.5	7.5	7.53	5.83	5.83

Simulación: Reverse Osmosis System Analysis for FILMTEC™ Membranes

Design Warnings None

Solubility Warnings

Langelier Saturation Index > 0

BaSO₄ (% Saturation) > 100%

Antiscalants may be required. Consult your antiscalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.

Stage Details

Stage 1	Element	Recovery	Perm Flow (m³/d)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m³/d)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
	1	0.11	18.94	104.98	180	35913.86	51.55
	2	0.1	15.88	135.87	161.06	40123.68	51.32
	3	0.09	12.95	178.66	145.18	44497.48	51.13
	4	0.08	10.27	238.15	132.24	48836.62	50.95
	5	0.07	7.94	320.68	121.97	52927.45	50.8
	6	0.05	6.03	434.04	114.03	56591.61	50.66

	Raw Water	Adjusted Feed	Concentrate
pH	7.5	7.5	7.53
Langelier Saturation Index	0.41	0.41	0.86
Stiff & Davis Stability Index	-0.58	-0.58	-0.34
Ionic Strength (Molal)	0.73	0.73	1.25
TDS (mg/l)	35913.86	35913.86	59725.34
HCO ₃	112	112	182.39
CO ₂	1.89	1.89	2.99
CO ₃	4.09	4.09	8.79
CaSO ₄ (% Saturation)	20.28	20.28	37.72
BaSO ₄ (% Saturation)	66.88	66.88	123.67
SrSO ₄ (% Saturation)	24.59	24.59	50.07
CaF ₂ (% Saturation)	20.1	20.1	92.54
SiO ₂ (% Saturation)	6.72	6.72	11.17
Mg(OH) ₂ (% Saturation)	0.04	0.04	0.09

5.4 COMPONENTES PRINCIPALES DE LA PLANTA

La planta fue diseñada para producir 20 L/s de agua producto (permeada) en un solo paso y con una recuperación de 40 %. Su construcción es robusta y posee además un diseño que incorpora un sistema de post enjuage (post flush) de los tubos de presión, con agua cruda o de alimentación, con el fin de minimizar el ensuciamiento de las membranas y corrosión de las cañerías durante los periodos de detención de la planta.

La planta de Osmosis Inversa cotizada a AQUAVANT, incorpora los siguientes componentes generales:

- Sistema de filtros de multimedia: etapa de pre-tratamiento
- 1 Carcasa de filtros de cartucho.
- 1 Bomba de alta presión
- 1 Sistema de Recuperación de Energía PX intercambio presión
- 24 Tubos de presión, capacidad 6 elementos c/u.
- 144 Membranas para OI del tipo SW, DOW o Hydronautics o similar.
- 1 PLC Allan Bradley.
- 1 Variador de Frecuencia de acuerdo a NEMA 1 para 380V/3/50Hz
- 2 Fluxómetros (Permeado / rechazo).
- 1 Touch screen, Magellis o similar.
- 1 Controlador/ sensor de Conductividad/TDS.
- 1 Sistema de Lavado de membranas in situ.
- 1 Sistema dosificador de productos químicos
- Manómetros en acero inoxidable.
- Válvulas de muestreo.
- 2 Válvulas electromecánicas (alimentación / flushing).
- Conectores para limpieza de membranas in situ.
- Cañerías en acero inoxidable 316. (Alta presión > 125 psi).
- Cañerías en PVC Sch80. (Baja presión < 125 psi).
- Sistema de dosificación para el pos-tratamiento

La planta está equipada con un sistema de recuperación de energía y para efectuar una operación totalmente automatizada. Incorpora elementos especiales CIP (equipo para la limpieza in situ de las membranas) y tubos de presión heavy duty. El sistema completo será controlado por un PLC y supervisado a través de una interface humana ubicada en una sala de control. El sistema de control será capaz de operar en forma automática, con una intervención mínima del operador.

5.5 CONSUMO DE INSUMOS QUÍMICOS

Los sistemas de pre-tratamiento y de osmosis inversa requieren de adición de productos químicos, con el objeto de mantener en buen estado las membranas de osmosis inversa y asegurar el desempeño de los equipos de filtrado. El precio unitario de los productos químicos se ha estimado en base a cotizaciones de proveedores locales. La dosificación de productos químicos dependerá principalmente de la calidad del agua que alimenta a la planta desalinizadora, por lo tanto, los valores deberán ser confirmados a través de pruebas piloto en una futura etapa de ingeniería. Los costos de productos químicos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5.1 Insumos Químicos y su Uso

Producto Químico	Objetivo	Costo unitario	Densidad Insumo	%	Dosis	Volumen de insumo
		US\$/kg	Kg/m3	p/p	Kg/m3	m3 /día
Cloración (Hipoclorito de sodio)	Desinfección y oxidación	0.389	1155	10	0.01	0.374
Coagulante (Cloruro Férrico)	Agrupación de partículas como coágulos (mayor retención en filtros.)	0.217	1420	40	0.005	0.038
Polímero Floculante	Aglomeración de coágulos para aumentar retención en los filtros.	3.75	1200	35	0.0005	0.005
Anti-incrustante (ej. polímero dispersante)	Prevención de incrustaciones de sales en las membranas	4.55	1000	100	0.002	0.009
Meta-bisulfito de Sodio	Eliminación de cloro residual que oxida y daña las membranas de OI	0.135	1330	38	0.0045	0.038

5.6. CONSUMO ENERGÉTICO DE LA PLANTA

El consumo eléctrico de la planta desalinizadora queda determinado por la bomba de alta presión, la que representa el 80 % del consumo energético de la planta (incluidas las etapas de pre- y pos-tratamiento). Al incorporar un sistema de recuperación de energía, la energía contenida en la corriente de salmuera (o rechazo) es parcialmente recuperada y el consumo eléctrico total de la bomba de alta presión se reduce en aproximadamente un 30%.

Por tanto, si el consumo específico del módulo de osmosis inversa, por simulación sin recuperador de energía es de 4.51 kWh/m³, el consumo energético global de la planta desaladora es de 3.95 kWh/m³. La siguiente tabla muestra la estimación del costo del consumo eléctrico.

5.7 GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS INDUSTRIALES

Los residuos tales como partículas o especies marinas, algas, arena y otros residuos sólidos como membranas de osmosis inversa y cartuchos de los micro-filtros serán acumulados y dispuestos en un relleno sanitario autorizado.

5.7.1 Residuos Industriales Líquidos (RILes)

Generación: El efluente descargado desde la planta desalinizadora es el rechazo de la osmosis inversa. Este efluente cumple con el D.S 90/00 del MINSAL. El volumen diario generado es de aproximadamente 2,592 m³/día.

Manejo y Disposición: La salmuera será descargada en el mar a través de una tubería de 400 m de longitud aproximadamente, dispuesta de difusores para facilitar la homogenización. Ver Anexo B.

5.7.2 Generación de Residuos Sólidos (RISes)

Generación: Los residuos que se generarán durante la etapa de operación de la planta desalinizadora son membranas de osmosis inversa, cartuchos, arena y otros tales como algas y sólidos de mayor tamaño que quedan retenidos en los desarenadores. La Tabla 5-2 resume la cantidad de residuos estimados:

Tabla 5-2. Generación de Residuos Sólidos

Residuo	Generación m3/año	Carácter del residuo
Membrana OI	44	No peligroso
Filtro cartucho	50	No peligroso
Arena	95	No peligroso

Manejo y Disposición: Las membranas de osmosis inversa y filtros cartucho se almacenarán temporalmente en un área debidamente señalizada en la bodega y posteriormente trasladadas a botadero en forma mensual. La arena y sólidos de gran tamaño serán acopiados en un área cercana a los desarenadores. Se generarán otros residuos en cantidades menores tales como sólidos de gran tamaño que quedarán retenidos en los desarenadores (de carácter no peligroso) y que serán dispuestos junto con la arena (acopio), retirados por camión y llevados a vertedero. Producto de actividades de mantenimiento, se generarán residuos peligrosos como repuestos, guapes, aceites y grasas, que serán almacenados en tambores y llevados a un botadero autorizado.

ANEXO: COMPARACIONES DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE LA SALMUERA

Hay muchos métodos de tratamiento que son usados actualmente para la eliminación de agua salobre del rechazo Ol. Algunos de estos métodos incluyen:

- *Estanque de evaporación*
- *Inyección de fluido subterráneo*
- *Eliminación en el mar*
- *Reclamas de uso para la industria o el riego*
- *Combinación con descarga POTW*
- *Métodos avanzados de evaporización térmica*

El método de tratamiento seleccionado variará dependiendo de las condiciones del sitio. Por ejemplo, si una parte puede tomar el rechazo de agua y beneficiarse de ella, esta sería la solución más fácil. La eliminación en el mar sólo sería posible cercano a la costa. Esta opción no está del todo disponible, algunos límites de evacuación tendrían que ser aplicados, y no podrían satisfacerse sin tratamiento adicional. Ningún método de tratamiento encaja en todos los escenarios, sin embargo, cuanto más volumen de rechazo puede ser reducido, existen mejores opciones para su eliminación final. Las principales opciones para la eliminación de rechazo de salmuera se muestran a continuación.

Estanques de evaporación – el uso de estanque de evaporación o estanque solar se limita a regiones donde la tasa de evaporación supera la precipitación anual. Plantas de desalinización ubicados en las zonas áridas podría considerar tal método de tratamiento. El diseño del estanque de evaporación debería incluir forros, fugas, vigilancia y precisa cálculos de calibrado. El cálculo del calibre puede ser complicado, así varios factores deben ser evaluados, incluida afluencia tasa, precipitación anual, y las tasas de evaporación. Suficiente sobrante debe ser suministrado. El costo de la construcción puede variar un poco dependiendo del terreno y condiciones del sitio. Una vez instalado, los costos del funcionamiento reales son relativamente pequeños, sin embargo, un costo que se suele pasar por alto es el cierre del estanque al final de la vida.

Inyección de fluido subterráneo se utiliza para fluidos residuales muy difíciles de tratar. Sin embargo, la opción de inyección de fluido subterráneo es limitada por la geología fundamental. Cualquier descarga subterránea debe ser protegida contra la mezcla con los acuíferos de suministro de agua potable. El proceso de autorización también puede ser largo y arduo. A menudo, la inyección de fluido subterráneo es un último recurso, ya que es más difícil y larga en el tiempo que otros métodos de eliminación. Los gastos de eliminación de fluidos, como la mostrada a la derecha, son en su mayoría referidas a permitir, perforar, y logística. Muy a menudo, los lugares de eliminación de fluido no están en la misma zona que el suministro de agua potable. Esto significa que el rechazo de salmuera necesitaría ser canalizado y bombeado decenas de millas a un lugar adecuado, con formaciones de rocas porosas. Otro factor es que en muchas zonas de los Estados Unidos, pozos de petróleo se están volviendo reducidos. Tales pozos agotados son candidatos para la eliminación de fluidos. Hay algunos gastos implicados a convertir el pozo en un pozo de eliminación, pero en general hay ahorro de costos si los pozos existentes pueden utilizarse para este propósito.

Métodos avanzados de evaporación térmica – Los métodos de evaporación térmica incluyen concentradores de salmuera y cristalizadores. Los concentradores de salmuera se utilizan ampliamente para aplicaciones de aguas residuales y emplean un evaporador de película descendente con recompresión mecánica del vapor. Una vez iniciada, los gastos de funcionamiento son manejables. La recompresión mecánica del vapor proporciona gran parte de la energía térmica necesaria. El sistema debe ser protegido contra la desoxidación y el ensuciamiento de las superficies del intercambiador de calor. Estos sistemas son capaces de llegar hasta el 15% del total de sólidos en la mezcla final de salmuera. Los cristalizadores dependen de la evaporación térmica de los sólidos disueltos. Mientras que el agua está lanzada, los sólidos comenzarán a cristalizarse en la unidad y luego son purgados para su eliminación.

Membranas vibrantes como una opción para el tratamiento de salmuera: Con las nuevas reglamentaciones como parte de la Ley de Agua Limpia (Clean Water Act) y con el advenimiento de las nuevas tecnologías para abordar este problema, muchos servicios municipales están reevaluando sus métodos actuales. Uno de los nuevos desarrollos incluye el nuevo revestimiento del canal abierto y el tipo de sistemas de filtración por membranas poliméricas. Hay varios tipos, incluyendo el VSEP (Proceso Realzado de Cizalla Vibratorio) hechas por New Logic Research de Emeryville, California. La competencia y los avances científicos han reducido considerablemente el costo de los sistemas de membrana, haciéndolos más atractivos para tratar una variedad de aguas residuales. Previamente, la ósmosis inversa no era apropiada debido a sus límites solubilidad. Ahora, con esta limitación retirada gracias al flujo de canales abiertos como en los módulos de membrana VSEP, membranas OI ofrecen una excelente alternativa para aumentar el rendimiento global del agua potable y reducir el volumen de rechazo. Las membranas OI de VSEP pueden utilizarse en paralelo y en serie para manejar cualquier flujo y producir casi cualquier calidad de agua necesitada. El sistema de filtración VSEP incorpora un diseño compacto y modular. Debido a que el diseño básico es vertical más que horizontal, la superficie útil necesitada por unidad es intrínsecamente inferior a otros tipos de sistemas de deshidratación. Aunque el VSEP requiere hasta 5,1 metros (17') en distancia al techo, en la mayoría de las aplicaciones industriales la distancia al techo es amplia, y la superficie útil es limitada.

Tratamiento de Agua Salobre con VSEP

Filtración por membranas de dos etapas

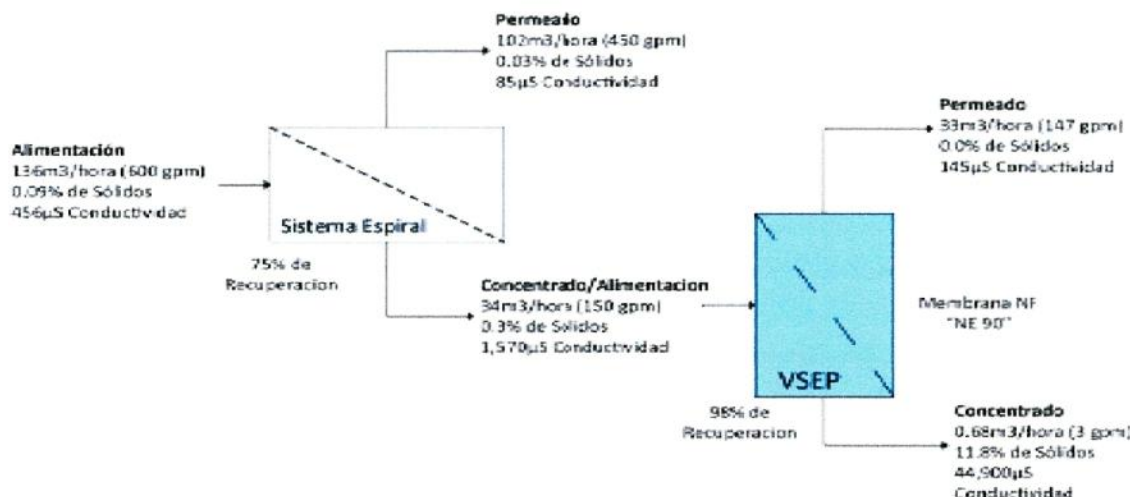


Figura Diagrama esquemático de tratamiento de agua subterránea con VSEP

Los beneficios del diseño compacto de VSEP:

- Fácil de añadir a un sistema existente para mejorar el rendimiento
- Puede ser instalado en las zonas donde el espacio es escaso
- Es fácilmente transportable y puede ser trasladado de planta a planta
- Puede ser instalado como sistema de múltiples etapas o como única etapa
- Puede ser "escalonado" a cualquier número de cualquier proceso de demanda de flujo

Muy a menudo la superficie útil está tan limitada, o el sistema que se diseña es tan grande que requiere la construcción de una estructura independiente para acomodar el sistema de tratamiento. En esos casos, el hecho de que las unidades de VSEP son verticales y compactas, puede ser capaz de encajarse en una zona actual de la construcción o reduce los costes de construcción por requerir menor espacio. Los costes de la construcción pueden sumar de 80 dólares a 120 dólares/pie cuadrado (0,3 metros cuadrados) para nuevos edificios industriales, y son una estimación en el momento del cálculo en conjunto de costo de un sistema completo. Además de las limitaciones de espacio para los componentes mecánicos, el área del filtro actual ha sido diseñada de tal forma que sea extremadamente compacta y con poco consumo eléctrico. En el modelo más extenso, el paquete de filtros contiene 185,8 metros cuadrados (2000 pies cuadrados) de superficie de membrana, sobre el tamaño del tamaño medio de una habitación. Estos 185,8 m2 de membrana se han instalado en un recipiente con un volumen de 0,4m3 (15 pies cúbicos).

En el caso del tratamiento de rechazo de salobre OI, los principales beneficios son la producción de agua tratada incrementada y la reducción del volumen de rechazo para la eliminación. En el caso de prueba demostrada anteriormente, sólo 0,67m3/hora (3 gpm) de rechazo se omitirían desde el inicio, 136m3/hora (600 gpm) de flujo de alimentación

para la planta de tratamiento. El volumen de rechazo sería de 34m³/hora (150 gpm), sin el VSEP. Desde entonces, el costo de descarga cero dependerá de la eliminación final de salmuera, la reducción del volumen de rechazo es fundamental.

Condiciones del Proceso VSEP

Un proceso esquemático para el proyecto propuesto, relacionado con el caso de prueba antes descrita, se muestra en la siguiente página. Cuando se añade un sistema de VSEP como una segunda etapa, el agua subterránea es alimentada a través del filtro multi-media, y entonces se ajusta el pH del agua y se agrega el antiincrustante. El agua es entonces alimentada por un sistema de membrana en espiral a un ritmo de 136m³/hora (600 gpm). El sistema en espiral produce 102m³/hora (450 gpm) de agua tratada y 34m³/hora (150 gpm) de rechazo de salmuera. Este rechazo de salmuera sería entonces enviado al sistema de tratamiento VSEP a un ritmo de 34m³/hora (150 gpm) y una presión de 31 bares (450 psig). Las unidades de VSEP de escala industrial, utilizando membranas de nano-filtración, están instaladas para tratar el flujo de rechazo en espiral. El flujo de rechazo final después de VSEP de 0,67m³/hora (3 gpm) sería descargado a un estanque de evaporación o por cualquier otro método de eliminación. VSEP genera un flujo de permeado de unos 33,7m³/hora (147 gpm), que se combina con la fase uno de filtrado desde la OI. El filtrado contiene aproximadamente 1 mg/L de sólidos suspendidos totales (TSS), y un bajo nivel de sólidos disueltos totales (TSD), todo muy por debajo de las normas para el agua potable. La selección de la membrana se basa en la compatibilidad del material, el ratio del flujo y los requisitos de la calidad del permeado. En este ejemplo, la reducción de TSS es más del 99%. Se puede controlar la calidad del permeado a través de la selección de membrana de más que 200 tipos de material de membrana.

Valor Económico

El sistema VSEP de New Logic ofrece una estrategia alternativa para las aplicaciones de tratamiento de rechazo de OI salobre. En un solo paso de operación, VSEP proporcionará agua ultra pura y reducirá COT, TSS, TSD y color para proporcionar un filtrado de alta calidad, libre de microorganismos nocivos. La justificación para el uso del sistema de tratamiento VSEP en su proceso es decidido mediante el análisis del sistema costos y ventajas, incluso:

- *No requiere un gran terreno para los tanques de evaporización, como sería sin VSEP*
- *Sistema automático requiere poca participación de operador*
- *Huella pequeña*
- *No requiere pretratamiento químico*
- *Proceso no-térmico con bajos costos de funcionamiento*

Tabla Costos comparativos de operación de alternativas de tratamientos (ref. Greg Jonson et. al., 2006)

Comparación de costos de operación	Sistema de Filtración por Membranas VSEP; \$/1000 gal	Concentrador Termal de Salmuera; \$/1000 gal	Inyección de Fluido Subterráneo; \$/1000 gal	Estanque de evaporación; \$/1000 gal
Ratio de Costos Capitales	1	7.43	11.25	3.93 [13]
Consumo Electrico	0.21	4.44	n/a	n/a
Consumo Químico	0.02	0.18	n/a	n/a
Reemplazo de Membranas	0.21	n/a	n/a	n/a
Operación y Mantenimiento	0.18	1.59	n/a	n/a
Costos de Operación Totales	0.45	6.21	1.13*	0.9**

*Robin Foldager, *Economics of Desalination Concentrate Disposal Methods-Fall2003*;

**Edmund Archuleta, *Desalination of Brackish Groundwater in El Paso Texas*

El costo capital de VSEP y los gastos de operación mostrados arriba corresponden al caso que recientemente se probó y anteriormente descrito. Los resultados actuales de VSEP pueden variar dependiendo de la constitución de la fuente de alimentación de agua salobre. Se debe realizar pruebas pilotos para verificar el rendimiento del sistema y los el resultante costo capital y gastos de la operación. Debido a la falta de necesidad del pretratamiento, la tecnología de VSEP ha demostrado ser competitivo con los sistemas convencionales de membrana en espiral, y podría incluso reemplazar el sistema en espiral completamente, dando hasta un 98% de recuperación de agua tratada. Una instalación de desalación compuesto en su totalidad de VSEP sería una alternativa muy rentable a la actual instalación de membrana convencional. Sin embargo, en los casos en que existe un sistema de membrana en espiral está funcionando, y donde la producción adicional de agua tratada es deseada, VSEP puede ser utilizada como tecnología complementaria. Frente a todos los demás métodos de eliminación de salmuera, VSEP es mucho menos costoso para obtener y operar.

Conclusión

Las regiones áridas de los Estados Unidos como los estados del suroeste incluso California, Arizona, Nuevo México y Texas están creciendo rápidamente en la población. Las utilidades de agua local están luchando para llegar a fuentes de agua potable económica. Se ha producido bastante investigación sobre este tema, y esta perspectiva plantea un desafío para la creatividad de los ingenieros que trabajan en el proyecto. Debido a la competencia y los avances científicos, las membranas se están convirtiendo en un método mucho más económico de proporcionar agua potable de cualquier fuente.

New Logic ha sido contactado por muchos ingenieros en el suroeste, y actualmente trabaja en diversos proyectos de investigación para medir la aptitud del uso de la tecnología de VSEP, para tratar el rechazo de salmuera desde las instalaciones de desalinización del agua salobre. Los resultados iniciales son muy prometedores y merecen una consideración ulterior. La tecnología VSEP ha sido utilizada por más de una década en la industria del proceso químico. Esta oportunidad única para el tratamiento de rechazo OI desde las instalaciones de desalación llega en un momento en que la tecnología de VSEP es desarrollada, probada, y muy rentable frente a otros métodos competidores. La adición de un sistema VSEP reduciría notablemente el volumen de rechazo de salmuera que necesita eliminación. La reducción de este volumen simplifica mucho las opciones para su eliminación definitiva. En el caso de la prueba antes descrita, un estanque de evaporación sólo necesitaría estar el 2% del tamaño que estaría sin el concentrador de salmuera de VSEP. Reducir el tamaño de los estanques de evaporación no sólo reduce los costos, sino que tiene ventajas estéticas y políticas también. Además de ayudar a resolver el problema de eliminación de la salmuera, además el sistema de VSEP en la instalación de desalación actual aumentará el rendimiento de agua tratada tan alto como el 98%, tal como se indica en el caso descrito anteriormente.



Santiago, 23 de Diciembre, 2010

Señores
CEITSAZA - UCN
Presente

At.: Prof. Leonardo Romero

Estimados Señores,

Adjunto a la presente nos es muy grato hacerles nuestra propuesta para una Planta de Osmosis Inversa, para Agua de Mar de última tecnología de nuestra Representada **ITT-Water Equipment Technologies (USA)** que cuenta con más de 35 años de experiencia combinada en Tratamiento de Aguas por Membranas y sobre 500 instalaciones de referencia en más de 30 países. Una referencia reciente de nuestra empresa es la Planta Desaladora de Agua de Mar para la ciudad de Taltal de Aguas Antofagasta.

La solución presentada para su Proyecto para la Asociación de Regantes a instalarse al norte de la ciudad de Antofagasta, es una solución compacta, que incorpora en su diseño adelantos tecnológicos enfocados a asegurar confiabilidad, larga vida, fácil operación y atractivo precio del agua desalada. La Planta ofertada es completamente **fabricada en USA**, viene equipada para una operación **totalmente automática**. Además incorpora elementos especiales, **CIP** (equipo para la limpieza in situ de las membranas, optativo), **Tubos de presión heavy duty** y elementos de última tecnología y diseño.

Adjunto a la presente nos es muy grato hacerle llegar una oferta preparada especialmente para Mall Plaza Antofagasta que considera una planta fácil de operar y con un **bajísimo consumo eléctrico** que repercute muy favorablemente en un bajo costo de producción del agua desalinizada..

AQUAVANT S.A., Tecnologías Avanzadas de Aguas, es una empresa **VIGATEC** (www.vigatec.cl) que a través de sus 30 años de existencia se ha ganado un merecido prestigio en Chile por su profesionalismo en desarrollo de proyectos siendo reconocido por un excelente servicio de atención al Cliente post-venta. La empresa de tecnologías multidisciplinarias, cuenta con más de 450 personas y 4 oficinas regionales a lo largo del país, facturando USD \$40 millones anuales, balances que son auditados por la firma Delloitte.

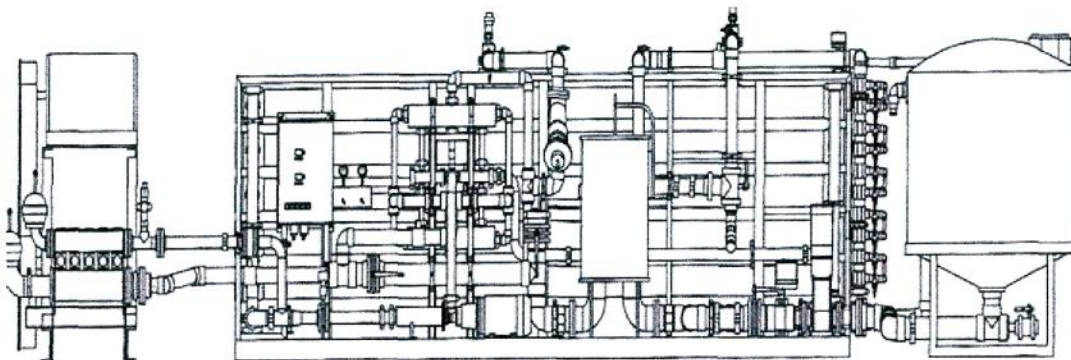
Nos sentiríamos muy honrados de poder suministrar la solución óptima, confiable y de larga vida, a vuestro requerimiento de la Planta Desaladora de Osmosis Inversa de Agua de Mar para el proyecto de Ceitzasa.

Atentamente,

Sergio Seliger
Gerente General

AQUAVANT S.A Tel: (56-2) 3507000 - Fax: (56-2) 3507150 - José Ananías 441 - Macul - Santiago - Chile
www.aquavant.cl

Una Empresa
VIGATEC



Planta de Desalinización de Agua de Mar

Osmosis Inversa

Capacidad: 1890 (m³/día)

Asociación de Regantes de Antofagasta

Presentada a:
Prof. Leonardo Romero
CEITZASA – UCN

23 Diciembre 2010
Oferta AQ -2673-10

INDICE

1. Descripción del Sistema.....	
1.1 Objetivo de la Planta de Tratamiento	
1.2 Descripción general del sistema	
1.3 Parámetros de diseño del sistema	
1.4 Datos de diseño del agua de alimentación	
1.5 Calidad del agua permeada	
2 Componentes del sistema de O.I.	
2.1 Sistema de Filtración Multimedia	
2.2 Bomba de Alimentación	
2.3 Membranas de OI	
2.4 Tubos de Presión	
2.5 Sistema de Pre filtrado o Filtros de Cartuchos	
2.6 Bomba de Alta Presión	
2. 7 Motor eléctrico	
2.8 Fittinería	
2.9 Válvulas.....	
2.10 Manómetros	
2.11 Caudalímetros	
2.12 Monitor de Conductividad / Calidad agua permeada	
2.13 Estructura	
2.14 Unidad de lavado Membranas.....	
2.15 Unidad dosificadora de antiincrustante	
2.16 Sistema de Monitoreo y Control de la OI	
3. Centro de Control del Sistema.....	
3.1 Elementos de Seguridad	
3.2 Automatización	
3.3 Instrumentación	
4. Información técnica del sistema de OI	
4.1 Listado de Bombas	
4.2 Centro de Control PLC.....	
4.3 Unidad de Lavado membranas	
4.4 Unidad dosificadora de químicos	
5. Precios	
5.1 Precio de Osmosis Inversa	
5.2 Plazos.....	
5.3 Condiciones de Pago	
APENDICE C: Planos	
Anexo 1: Referencias de Plantas de OI.....	
1.1 Lista de Referencias plantas ITT-AWT.	
1.2 Otras Plantas de O.I.....	
Anexo 2: Fotos equipos OI.....	

1. Descripción del Sistema

1.1 Objetivo de la Planta de Tratamiento

El objetivo de este proyecto es suministrar agua fresca desalinizada, tratando agua de mar, utilizando la tecnología de Ósmosis Inversa. Aquavant S.A. e ITT-Water Equipment Technologies (WET), proponen suministrar un sistema de Ósmosis Inversa capaz de entregar 1890 (m³/día), de agua permeada con un total de sólidos disueltos (TDS) menor a 500 ppm. La calidad y cantidad del agua producto o permeado se basa en un agua de alimentación de aproximadamente 38,000 ppm de TDS y con temperaturas cercanas a 20°C (en el rango de 14 °C a 25°C) con el sistema operando con una recuperación de diseño del 40 - 43 %.

El sistema de Ósmosis Inversa ofertado posee una construcción robusta y un diseño que incorpora un **sistema de post enjuague (post flush)** de los tubos de presión, con agua cruda o de alimentación, con el fin de minimizar el ensuciamiento de las membranas y corrosión de las cañerías durante los periodos de detención de la planta.

La planta ofertada incorpora una bomba de alta presión adecuada a las exigencias, tubos de presión en FRP, membranas de Ósmosis Inversa de último diseño y eficiencia, cañerías de PVC Sch80 en las líneas de baja presión y de acero inoxidable 316L en las líneas de alta presión.

El diseño ofertado **incluye un sistema de lavado in situ de membranas**, el cual es un sistema probado y de alta eficiencia, de acuerdo a las múltiples experiencias del fabricante.

La planta oferta es modular, compacta, pre armada y cableada en fábrica "skid-mounted" para facilitar la instalación y montaje en el sitio. Asimismo la Operación de la planta será probada íntegramente en fábrica, previo a su despacho a nuestro país.

El control de las operaciones de la planta se basa en un sistema de PLC, el cual es capaz de proveer una operación automática con un mínimo de intervención de un operador. Asimismo el sistema trae sus accesorios y sistemas de seguridad incorporados, a modo de detectar y prevenir los posibles problemas que pudieran ocurrir durante su operación.

1.2 Descripción general del sistema

El sistema y equipo que se suministrarán en relación al proyecto serán los siguientes:

- Sistema de Filtración Multimedia (opcional).
- Sistema de dosificación de productos químicos de pre-tratamiento (Anti incrustante).
- Carcasa filtro de cartuchos.
- Bomba de alta presión, para el sistema OI.
- Sistema intercambiador de presión PX (recuperación de energía)
- Osmosis inversa
- Sistema de limpieza de membranas in situ, CIP (Clean in Place)
- Sistema de enjuague con agua producto. (flush)
- Sistema de alimentación de productos químicos
- Sistema de instrumentación y control.
- Sistema Variador de Frecuencia

El control de nivel, ubicado en el estanque de almacenamiento de permeado del cliente, enviará una señal de activación al sistema de control de la Osmosis Inversa (OI), activando la secuencia de inicio de operación de la planta.

Con la señal de encendido, la válvula motorizada de agua de alimentación (M1) se abrirá, en forma simultánea la válvula de enjuague (flush valve) de las membranas (M2) se abrirá, permitiendo barrer el agua acumulada en el lado del rechazo de sales del sistema. La presión de este flujo de agua debe ser de 2 a 3 (kg/cm²). Una vez cumplido este ciclo, la válvula (M2) de enjuague de membranas se cerrará.

El flujo de agua, pasará por los filtros de cartuchos (de 5 micras), luego por la bomba de alta presión y finalmente por los tubos de presión (lado concentrado) y finalmente se descarga por la línea de aguas de rechazo o concentrado.

Al cerrar la válvula de flushing (M2) y seguir ingresando agua cruda, la presión al interior de los tubos de presión, manifolds, bomba de alta presión aumentará, estabilizándose posteriormente en la presión normal de inicio de la operación de la bomba de alta presión, lo cual será detectado por un sensor de baja presión (PS), el cual activará la bomba de alta presión, la cual proveerá la presión necesaria para realizar el proceso de filtración por membranas.

Al agua cruda o de alimentación, agua de mar proveniente de un pozo playero, se inyectará un anti incrustante en dosis a determinar, con el fin de aumentar la solubilidad de las sales y retardar la incrustación de las sales en las membranas. El proceso se realiza aguas arriba del sistema de OI.

El agua de alimentación o cruda se dividirá en dos flujos, permeado o agua purificada y concentrado o agua de rechazo. El agua permeada fluirá hacia el estanque acumulador de agua permeada. El flujo de agua de rechazo, se direccionará de acuerdo a las normas y procedimientos del cliente para su disposición.

Cuando el nivel del estanque de agua permeada llegue a su cota máxima, el control de nivel de éste enviará una señal de detención al panel de control de la planta de OI. En ese instante la planta iniciará el ciclo de post flushing o post enjuague, el cual remueve todo el concentrado que se encuentra al interior de la planta. Una vez terminado este ciclo, la planta quedará en modo de espera para la próxima señal de partida. Todos los sistemas de dosificación de químicos se detendrán en forma automática, con la detención del proceso de producción de la planta, es decir al concluir el post flushing.

El proceso completo de tratamiento de agua va ser suministrado con un sistema de control central de los procesos (PCS), basado en un controlador lógico programable, de plataforma PLC. El proceso de tratamiento de agua es tal que podrá ser de operación automática con una mínima intervención del Operador. Mecanismos de seguridad serán incluidos para proteger los sistemas de la OI y todos los procesos asociados de condiciones de fallas.

1.3 Parámetros de diseño del sistema

Los parámetros de diseño del sistema de OI de Aquavant – ITT-WET, para este proyecto serán los siguientes:

Parámetro	Diseño
Producción de permeado	1890 m3/d - 500.000 GPD
Recuperación del sistema OI	40 %
Temperatura de diseño, alimentación	20 °C
TDS de diseño agua alimentación	38.000 ppm
Fabricante membranas	Dow Filmtec ó Hydranautics
Modelo de membranas	SW
Número de etapas	1
Número de tubos de presión	20
Elementos por tubo de presión	6 por cada tubo, 8" x 40"
Fuente agua alimentación	Pozo playero: agua mar prefiltrada
SDI	< 1 después del pre-tratamiento
Turbidez del agua de alimentación	< 1 NTU, después del pre-tratamiento
Presión del agua permeada	10 psig
Presión del rechazo	5 psig

1.4 Datos de diseño del agua de alimentación

No se ha recibido datos del agua de mar /agua de alimentación lo que es importante para un diseño final. En caso de cambios sustanciales en la calidad del agua cruda considerada, podría hacerse necesario la incorporación de equipos o tratamientos adicionales, para mantener la calidad del agua de producto.

1.5 Calidad del agua permeada

El agua permeada producida por el sistema tendrá menos que 500 ppm de SDT (sólidos disueltos totales) antes del post –tratamiento a través de todo el rango de temperatura 14 – 25 C. Esta calidad del agua de permeado, está basado en un agua de alimentación con 38.000 ppm de SDT.

2 Componentes del sistema de O.I.

2.1 Sistema de Filtración Multimedia (opcional)

Se usará un sistema especialmente diseñado para reducir la turbidez, los sólidos en suspensión y sustancias coloidales finamente dispersas que puedan venir en el agua de alimentación. Consta de 3 Filtros de material FRP de 88” de diámetro cada uno con retrolavados manuales simples. El diseño contempla un flujo de filtración adecuado al área filtrante.

2.2 Bomba de alimentación: puede cotizarse como opcional.

(se necesita datos pertinentes)

2.3 Membranas de la O.I.

Se ha seleccionado, para esta aplicación, membranas de última tecnología, alta eficiencia y bajo uso de energía. La tasa de diseño “Flux” (ratio de agua producida por área de la membrana) es menor a 9,5 GFD Este bajo valor del Flux, permite asegurar un performance óptimo y un periodo de operación prolongado, considerando niveles de ensuciamiento normales de las membranas para este sistema. El tipo de membranas seleccionadas de mínimo 400 pie cuadrados de área de filtración, son menos susceptibles al ensuciamiento coloidal y a la incrustación de sólidos, siendo su limpieza / remoción mucho más fácil en este tipo de membranas. Sus materiales de construcción no son susceptibles al ataque de bacterias o hidrólisis a alto o bajo pH.

Estas membranas ofrecen una alta productividad, como también un mejor rechazo de sales (99,7% NaCl) a presiones menores de operación.

2.4 Tubos de Presión

Se utilizan tubos de presión fabricados en Fibra de Vidrio reforzada, estos están diseñados para trabajar a presiones de 1000 psi. Los tubos de presión han sido diseñados, fabricados y probados basados en los respectivos códigos ASME. Los tubos ofrecen una resistencia superior a la corrosión y ataque químico. Los conectores de ingresos y egresos de fluidos, de los tubos se fabrican en acero inoxidable 316 super austenítico o Super Duplex. El PVC o Termoplástico es utilizado en conectores de baja presión (< 125 psi). Los tubos de presión son compatibles con las soluciones de limpieza de membranas en el rango de pH de 2 @ 12.

2.5 Sistema de Pre filtrado o Filtros de Cartuchos

Se ha incluido un sistema de micro filtrado de 5 micras, compuesto por una carcasa de FRP fabricada con una resina vinil ester resistente a la fatiga para proveer una adecuada resistencia a los distintos tipos de aguas y condiciones medio ambientales donde se podrá instalar esta planta de OI.

Las líneas de alimentación y descarga de la carcasa de los Filtros de Cartucho se ha diseñado con materiales compatibles con trabajo en aguas de alimentación de rangos de pH de 2 @ 8, y presiones de operación de hasta 150 psi. Todas las empaquetaduras de este sistema están fabricadas en Buna -N. Asimismo la tapa superior de la carcasa está amarrada al cuerpo principal por medio de una abrazadera tipo "V", lo cual asegura su estanqueidad. Por otra parte la carcasa posee drenajes para la limpieza y purga de la unidad.

2.6 Bomba Alta Presión de la OI + Sistema de Recuperación de Energía PX

Se proveerá una bomba centrífuga para llevar al agua de alimentación a la presión requerida para ser filtrada por las membranas de la planta. El material de construcción es acero inoxidable duplex, con el fin de proveer una alta resistencia a la corrosión, abrasión y uso. Se contempla usar aislantes anti-vibraciones para asegurar la bomba al skid.

Sistema de Recuperación de Energía PX

Se provee un sistema intercambiador de presión PX para esta aplicación. Este sistema de recuperación de energía que, es de la más alta eficiencia que existe en el mercado.

2.7 Motor eléctrico

El motor eléctrico de la bomba de alta presión será de una potencia de 250 (HP), 380 volts, 50 hz, 3 fases. Su fabricación se realiza bajo los estándares TEFC.

2.8 Fittinería

Toda la fittinería que trabaja a baja presión, menos de 125 psi, será proveído en PVC Sch 80 o en su defecto tubing termoplástico de alta calidad. Lo anterior asegura que estos fittings estarán libres de corrosión y degradación química, como también podrán soportar los esfuerzos a los cuales se verán sometidos. Toda la fittinería sometida a alta presión, mayor a 125 psi, utilizará como material de construcción acero inoxidable 316 L. Tubing termoplástico para alta presión será utilizado en el caso de las conexiones de manómetros y sensores. En el caso de los sistemas de inyección de químicos, también se han escogido materiales compatibles con el uso que se les dará.

La disposición de la fittinería y válvulas ha sido pensada para realizar en forma fácil las actividades de operación y mantención.

2.9 Válvulas

Todas las válvulas utilizadas en líneas de baja presión del tipo bola, retención o mariposa, son fabricadas en PVC Sch80. Las válvulas utilizadas en circuitos de alta presión (sobre los 125 psi), ya sean válvulas de bola, mariposa, globo o aguja están fabricadas en acero inoxidable. Se utilizan válvulas motorizadas, de accionamiento lento para las válvulas de alimentación de agua cruda a la planta, como también para aislar el sistema durante el ciclo de enjuague o flushing (pre o post). También el sistema incluye válvulas para muestreo, limpieza / sanitización de las membranas.

2.10 Manómetros

Se proveen manómetros para lectura de presión en los siguientes puntos del sistema:

- Entrada a la carcasa del Filtro de Cartuchos.
- Salida de la carcasa del Filtro de Cartuchos.
- Descarga de la Bomba de alta presión.
- Alimentación de las membranas.

- Rechazo.
- Flush (enjuague) membranas.

Los manómetros suministrados con la planta están fabricados en acero inoxidable, visor en cristal acrílico pulido y rellenos con glicerina.

2.11 Caudalímetros

Sensores de flujo tipo paleta se utilizan para la medición de los caudales del producto y el rechazo. El flujo para cada uno de estos se muestra en el panel de control de la planta de OI ofertada.

2.12 Monitor de Conductividad / Calidad agua permeada

El sistema de OI se proveerá con un sistema de lectura continua de conductividad, por medio de la lectura de la conductividad del permeado producido por la planta de OI propuesta. Este monitor estará instalado en el panel de control de la planta, para su fácil lectura y visión.

2.13 Estructuras y Contenedores (opcionales)

Todo el sistema propuesto puede estar montado en skids estructurales dentro de dos contenedores especiales (opcional). El skid que soporta la planta de OI está construido en aluminio estructural y todas sus amarras en acero inoxidable o materiales plásticos. Los skids están recubiertos con una terminación de pintura de alta resistencia química y al agua.

Los contenedores serán especialmente adaptados a partir de contenedores standard ISO de 40 pies. Estará equipado con lámparas incandescentes de 150 W herméticas al vapor (Granger #3RB 17 o equivalentel) en el interior del mismo incluyendo todo su cableado hasta un panel especial y con los interruptores pertinentes para la iluminación. La totalidad del piso del contenedor estará equipado con barras extruídas de Aluminio. El contenedor en general será uno re-condicionado llevado a condiciones tipo "de primera clase" con aislamiento acústico y térmico.

Las puertas son de cierre fácil. El techo del contenedor será recubierto para evitar cualquier filtración eventual y todo el contenedor será cubierto de varias capas de pintura para llegar a un acabado de color blanco de aspecto nuevo previo tratamiento de limpieza con arena.

El contenedor viene equipado con una unidad mini slip de aire acondicionado para la protección de los variadores de frecuencia.

2.14 Unidad de lavado de membranas

Todos los sistemas de OI, en algún minuto deben realizar la limpieza de sus membranas. Recomendamos la realización de la limpieza de las membranas in situ, lo cual con lleva que la membranas serán lavadas en el momento adecuado para su recuperación de sus propiedades de rechazo de sales y flujos de producción.

La unidad de lavado incluida en la oferta contempla una bomba centrífuga de acero inoxidable 316, para recircular el agua o solución de lavado, filtros de cartucho, manómetros, estanque de preparación de solución de lavado y las mangueras / conectores necesarios para conformar el circuito de lavado con el mínimo de trastornos posibles a la planta de OI.

El lavado de las membranas se realiza con la planta de OI fuera de servicio.

2.15 Unidad dosificadora de productos químicos

De acuerdo a los análisis se estudiará la necesidad de la utilización de una (o más) unidades de dosificación de productos químicos al agua de alimentación y/o regulador de pH o cloro al agua producto, en las dosis adecuadas.

Los sistema de inyección de productos químicos consistirán en un estanque de polietileno, bomba de dosificación de diafragma, resistente al ataque químico (de control manual de la velocidad y carrera), tubería de polipropileno, válvula anti-sifón, válvulas de chequeo y inyector de polipropileno. El estanque de almacenamiento tendrá un sensor de nivel que automáticamente activa una alarma, en el panel de control de planta, en caso de bajo nivel de producto químico en el estanque.

En la oferta presentada ya se incluye un sistema de dosificación de productos químicos.

3. Centro de Control del Sistema

Un controlador lógico programable, PLC, fabricado por Allan Bradley, será suministrado para controlar en forma integral la unidad de OI. El PLC tiene la

capacidad de aceptar señales de control / inputs del sistema, evaluar inputs del sistema, mantener en operación la planta de OI de acuerdo a los parámetros deseados/ seteados. El PLC del sistema tendrá todas las facultades para

interrumpir operaciones, actualizar contadores, mostrar lecturas de sensores. Su alimentación es en 24 volts. El PLC cumple con los estándares IEC y será entregado completo con controlador programable, CPU, chasis I/O, módulos I/O, cables de poder y comunicación, módulos de comunicación, programa del sistema y software. El PCS tiene capacidad de hacer diagnósticos en línea con capacidad de alarmas individuales. El PCS es capaz de generar un historial de alarmas , siendo visibles en el formato MMI indicando tipo de alarma con la fecha y hora en que se inició.

3.1 Elementos de Seguridad

El sistema cuenta con los siguientes elementos de seguridad:

- La bomba de alta presión del sistema está protegida de operar con alimentación de agua a baja presión por medio de un interruptor de presión en la succión de la bomba de alta presión.
- La bomba de alta presión del sistema está protegida de operar con descarga a alta presión por medio de un interruptor de alta presión.
- Todos los motores eléctricos utilizados en este sistema tienen protección por sobrecarga.
- El sistema de membranas se protege por alta presión con un interruptor de presión.
- El sistema de membranas también es monitoreado por el PCS por alto o bajo flujo activando alarmas.
- Monitoreo de la calidad del permeado detectando si la conductividad está fuera de rango y activando una parada de planta según se haya programado.
- Monitoreo de los niveles de los estanques de los productos químicos a través de un transmisor de ultrasonido generando las alarmas correspondientes en caso de nivel bajo y deteniendo la planta en caso de bajo nivel crítico.

3.2 Automatización

La planta posee la siguiente automatización:

- Encendido /detención automática de la planta por medio de señal enviada al panel de control, por el sensor de nivel del estanque de acumulación de agua permeada del Cliente.
- La operación / detención del sistema tiene la opción de ser automática / manual.
- El sistema se detendrá cuando cualquier equipo auxiliar de la planta este realizando un proceso de retrolavado / regeneración.
- Todas las detenciones en forma automática del sistema, se describen en el punto Elementos de Seguridad (3.1).
- El control del sistema operará vía el PLC (controlador lógico del programa).
- Control de operación /detención de los sistemas dosificadores de productos químicos.
- Monitoreo del nivel del estanque de agua de flush a través de sensor.

Todo equipo auxiliar de la planta de OI, será llevado a la posición "ON", cuando la planta inicie su ciclo de encendido. Todos los elementos de seguridad permanecen encendidos y pueden ser operados en el modo "Automático".

La operación automática normal de la planta de OI es controlada por medio del control de nivel del estanque acumulador del permeado, su variación de nivel controlará estado de operación de la planta de OI, es decir ON/OFF.

3.3 Instrumentación

El sistema de OI, contempla los siguientes instrumentos:

- Monitor digital de conductividad.
- Sensor de flujo para permeado o producto.
- Sensor de flujo para rechazo o concentrado.
- Condición de alarma visual general.
- Sensores de presión (alimentación y descarga bomba de alta presión).
- Manómetros.

4. Información técnica del sistema

4.1 Listado de Bombas

Ítem	Fabricante	Tipo de Bomba	Cantidad
Bomba Alimentación			
Bomba de Alta Presión	FEDCO o PEI	Centrífuga	1
Sistema de	Especial	Centrífuga	1

Recup. Energía			
Enjuague / CIP	Goulds	Centrífuga	1

4.2 Centro de Control PLC

Las principales características del Centro de Control PLC del sistema de OI ofrecido se muestran en la siguiente tabla:

Ítem	Descripción	Unidad
1	Cantidad	1
2	Tipo	Micrologix 1200
3	Fabricante	Allen Bradley

4.3 Unidad de Lavado membranas

Las principales características de la unidad de Lavado de Membranas del sistema de OI ofrecido se muestran en la siguiente tabla:

Ítem	Descripción	Unidad
1	Bomba de recirculación	Centrífuga / acero Inox./ presión trabajo 2 @ 3 bar
2	Manómetros	Acero inoxidable
3	Filtros de cartuchos	5 micras min.
4	Estanque solución lavado	Polietileno
5	Acoples / mangueras	De acuerdo a diseño

4.4 Unidad dosificadora de químicos

Las principales características de las unidades de Dosificación de Químicos del sistema de OI ofrecido se muestran en la siguiente tabla:

Ítem	Descripción	Unidad
1	Estanque producto químico (capacidad:115 litros)	En polietileno
2	1 Bomba dosificadora de diafragma	LMI o similar
3	1 Válvula anti sifón	LMI o similar
4	Sensor de nivel	LMI o similar

5	1 Válvula inyección anti sifón	LMI o similar
6	Tubería y fittings varios	Resistentes a ataque de químicos

5. Precios

5.1 Precio de Osmosis Inversa

A continuación detallamos el precio de la unidad de Osmosis Inversa ofrecida, la cual contempla:

- 1 Sistema de Osmosis Inversa cuyas componentes generales son:
 - 1 Carcasa de filtros de cartucho.
 - 1 Bomba de alta presión
 - 1 Sistema de Recuperación de Energía PX intercambio presión
 - 20 Tubos de presión, capacidad 6 elementos c/u.
 - 120 Membranas para OI, Hydronautics o similar.
 - 1 PLC Allan Bradley.
 - 1 Variador de Frecuencia de acuerdo a NEMA 1 para 380V/3/50Hz
 - 2 Fluxómetros (Permeado / rechazo).
 - 1 Touch screen, Magellis o similar.
 - 1 Controlador/ sensor de Conductividad/TDS.
 - 1 Sistema de Lavado de membranas in situ.
 - 1 Sistema dosificador de productos químicos
 - Manómetros en acero inoxidable.
 - Válvulas de muestreo.
 - 2 Válvulas electromecánicas (alimentación / flushing).
 - Conectores para limpieza de membranas in situ.
 - Cañerías en acero inoxidable 316. (Alta presión > 125 psi).
 - Cañerías en PVC Sch80. (Baja presión < 125 psi).
 - 5 días de Supervisión de la instalación, puesta en marcha y capacitación a los operadores.

**Valor Planta según descripción
con sistema de Recuperación de Energía PX
(Consumo eléctrico 2,5 -2,8 KWh/m3 max):**

US\$ 888.700 + IVA

Accesorios recomendados y/o opcionales:

Sistema de Filtros Multimedia

139.900 USD

AQUAVANT S.A Tel: (56-2) 3507000 - Fax: (56-2) 3507150 - José Ananías 441 - Macul - Santiago - Chile
www.aquavant.cl

Una Empresa

VIGATEC 



**Instalación contenerizada
dentro de 2 contenedores especiales (y pre-instalado) 97.800 USD**

Condiciones de Entrega: En Antofagasta (Asociación de Regantes)

5.2 Plazos de entrega

Los plazos de entrega de la planta ofrecida son:

- 18 a 21 Semanas Ex Works (USA) una vez recibida la Orden de Compra y anticipo.
- 4 Semanas traslado desde puerto USA a Chile.

5.3 Condiciones de pago

- 50% con la Orden de Compra
- 30% con el aviso del fabricante que la planta está lista para despacho
- 20% con la entrega del equipo y puesta en marcha o 45 días después del arribo de la planta a puerto en Chile (lo que ocurra primero).

Anexo 1: Algunas Referencias de Plantas de OI

O.I. : Osmosis Inversa. B.W. : Brackish water. S.W. :

Sea Water

Plantas de Osmosis Inversa instaladas por ITT-AWT Recientemente.

N°	Nombre Proyecto/Ubicación	Tipo / Tamaño Planta	Cliente	Tipo de OI	Fuente agua
1	Aguas Antofagasta / Planta Taltal	O.I. / 432 (m ³ /día)	Aguas Antofagasta	Membranas SW	Agua de Mar
2	Coca Cola / Planta Iquique	O.I. / 708 (m ³ /día)	Cocacola Embonor	Membranas BW	Red pública
3	Cementos Polpaico-Mejillones	O.I. / 162 (m ³ /día)	Cementos Polpaico	Membranas SW	Agua de mar
4	Coca Cola / Planta Arica	O.I. / 708 (m ³ /día)	Cocacola	Membranas BW	Red pública
5	Dubai / UAE	O.I. / 1.134 (m ³ /día)	Syed Basar	Membranas SW	Agua de mar
6	Newport News / Ciudad de Newport, Virginia	O.I. / 216 (m ³ /día)	Newport News	Membranas BW	Agua superficial
7	Five Forks WTP / Williamsburg, Virginia	O.I. / 145 (m ³ /día)	Five Forks WTP	Membranas BW	Agua superficial
8	Posec Seul / Korea	O.I. / 151 (m ³ /día)	Posec Seul	Membranas BW	Agua superficial
9	Cooper City / City of cooper city, Florida	O.I. / 113 (m ³ /día)	Cooper City	Nanofiltración	Agua superficial



1.2 Otras Plantas de O.I.

Otras plantas instaladas/ provistas por ITT-AWT.

País	(m ³ /Día)	Cliente
Antigua	1.476	Stanford Development Co.
Bahamas	162	Chicamey Beverage
Bahamas	114	British Colonial
Bahamas	150	Harbor Cove
Bahamas	150	Pemberton
Bermuda	76	Pompano Beach
China	1.000	WWEF - Matsui
Colombia	550	Intercor
Colombia	550	Intercor II
Colombia	550	Intercor III
Egipto	114	Manro
Egipto	300	Seti Harm Hotel
Egipto	430	IFFCO Oil
Egipto	500	Holiday Inn
Egipto	500	Linah Touristic Development
Egipto	12.000	Ridgewood International
Egipto	100	TNSR Contract - Vannice
Gibraltar	2.000	Suez Lyonnaise
México	398	Intercontinental Hotel Presidente
México	98	Hotel Casa Mexicana
México	550	Dicossa I

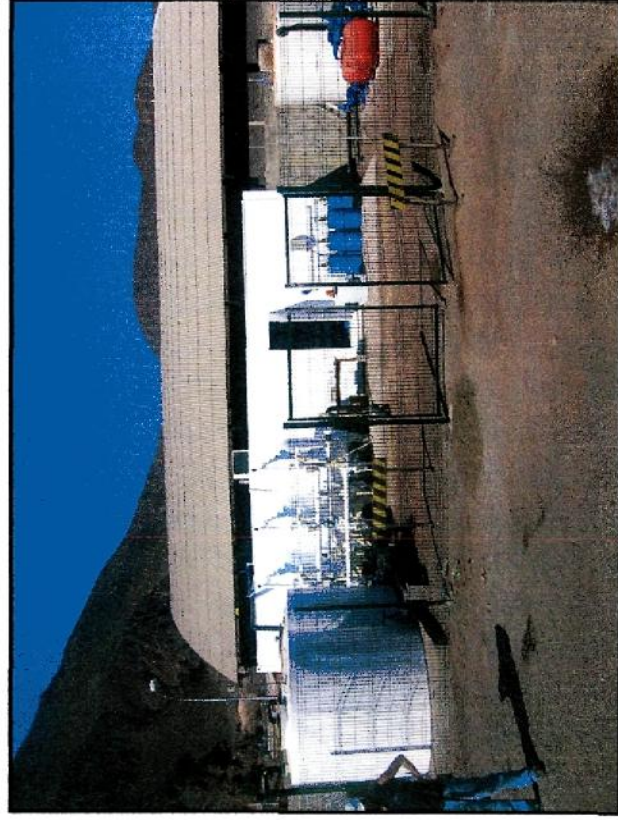
AQUAVANT S.A Tel: (56-2) 3507000 - Fax: (56-2) 3507150 - José Ananías 441 - Macul - Santiago - Chile
www.aquavant.cl



México	550	Dicossa II
Pakistán	150	House of Trading
Pakistán	600	House of Trading
Pakistán	200	House of Trading
St. Martin	196	Posthell Corp.
St. Vincent	1.700	C.R.D. / C.I.M. Limited
St. Vincent	1.136	Mustique Ltd.
St. Vincent	246	Mustique Great House
St. Vincent	550	CCA Ltd.
St. Lucía	500	Hyatt St. Lucia
Emiratos Árabes Unidos	76	Al-Hayatt Bottle Water
Emiratos Árabes Unidos	910	Abu-Dhabi Municipalities
Emiratos Árabes Unidos	7.570	Pal Technology
BVI	621	PostHell Corp.
USVI	76	IPI
USVI	114	Secret Harbour
USVI	227	Renaissance
USVI	197	Hotel Punta Galeón
USVI	163	Parrot Cay
USVI	151	Ritz Carlton
Venezuela	1.500	Isla de Toas



Anexo 2: Fotos equipos OI de otros proyectos



Planta de OI (Agua de Mar) Aguas Antofagasta – Taltal.



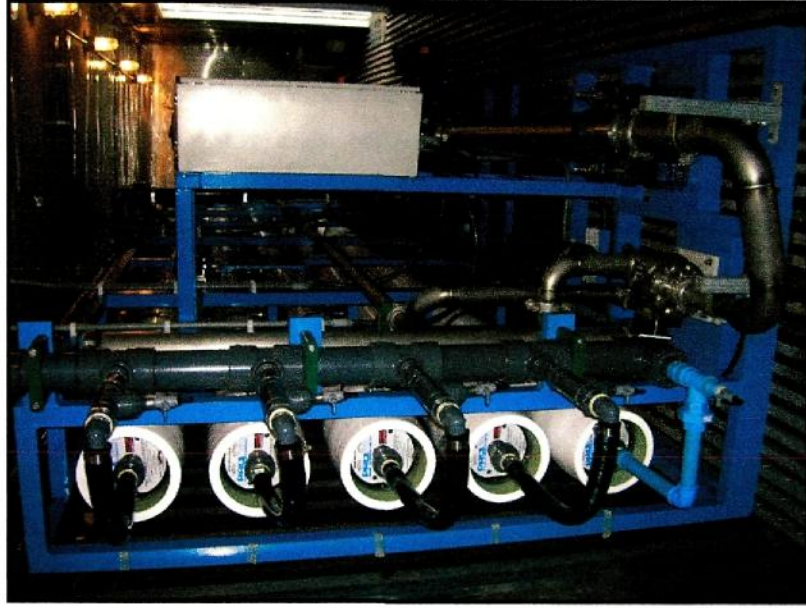
Planta de OI Contenerizada.

AQUAVANT S.A Tel: (56-2) 3507000 - Fax: (56-2) 3507150 - José Ananías 441 - Macul - Santiago - Chile
www.aquavant.cl



ITT

AQUAVANT
TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE AGUAS



Vista General Tubos de Presión lado Permeado
y Tablero control planta OI.



Vista Unidad de Limpieza in situ de membranas
Incluye: TK solución lavado, bomba recirculación
y líneas de conexión a planta de OI.

AQUAVANT S.A Tel: (56-2) 3507000 - Fax: (56-2) 3507150 - José Ananías 441 - Macul - Santiago - Chile
www.aquavant.cl

Una Empresa
VIGATEC
21



ITT



Anexo 3

Proyecciones Osmosis Inversa a distintas temperaturas

AQUAVANT S.A Tel: (56-2) 3507000 - Fax: (56-2) 3507150 - José Ananías 441 - Macul - Santiago - Chile
www.aquavant.cl

Una Empresa
VIGATEC 
22



DOW™ FILMTEC™ Membranes

DOW FILMTEC SW30HR LE-400 Seawater Reverse Osmosis Element

Features

Dow Water & Process Solutions offers various premium seawater reverse osmosis (RO) elements designed to reduce capital and operation cost of seawater RO systems. DOW™ FILMTEC™ elements combine premium membrane performance with automated precision fabrication and maximize system output to provide unprecedented performance.

The DOW™ FILMTEC™ SW30HR LE-400 element offers a combination of high rejection and low energy requirements to allow lower total costs with medium and high salinity feedwater. Benefits of the DOW FILMTEC SW30HR LE-400 element include:

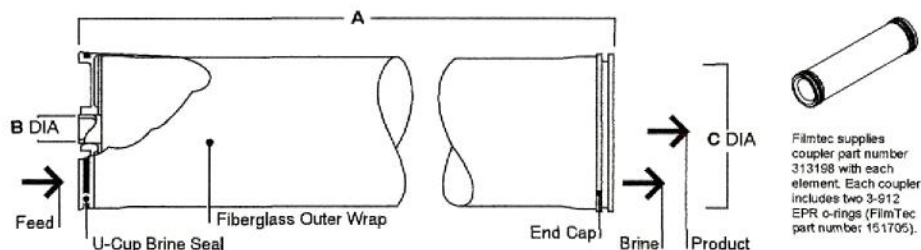
- Enables systems to be designed and operated to optimize operating cost through lower energy consumption or to optimize capital cost through higher productivity at lower operating fluxes.
- High NaCl and boron rejection to help meet World Health Organization (WHO) and other drinking water standards.
- Effective use in permeate staged seawater desalination systems without impairing the performance of the downstream stage.
- High performance over the operating lifetime without the use of oxidative post-treatments. This is one reason DOW FILMTEC elements are more durable and may be cleaned more effectively over a wider pH range (1-13) than other RO elements.
- Automated, precision fabrication with a greater number of shorter membrane leaves reducing the effect of overall fouling and maximizing element efficiency, helping to lower your cost of operation.

Product Specifications

Product	Part number	Active area ft ² (m ²)	Maximum operating pressure psig (bar)	Permeate flow rate gpd (m ³ /d)	Stabilized boron rejection %	Minimum salt rejection %	Stabilized salt rejection %
SW30HR LE-400	217822	400 (37)	1,200 (83)	7,500 (28)	92	99.65	99.80

1. The above values are normalized to the following conditions: 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron, 800 psi (5.5 MPa), 77°F (25°C), pH 8, 8% recovery.
2. Permeate flows for individual elements may vary +/-15%.
3. Product specifications may vary slightly as improvements are implemented.
4. Active area guaranteed +/-5%. Active area as stated by Dow Water & Process Solutions is not comparable to the nominal membrane area figure often stated by some element suppliers. Measurement method described in Form No. 609-00434.

Figure 1



Product	Feed Spacer (mil)	Dimensions – Inches (mm)		
		A	B	C
SW30HR LE-400	28	40 (1,016)	1.125 (29)	7.9 (201)

1. Refer to FilmTec Corporation Design Guidelines for multiple-element systems.
2. Elements fit nominal 8-inch (203 mm) I.D. pressure vessel.

1 inch = 25.4 mm

Operating Limits

- | | |
|--|-------------------------------|
| • Membrane Type | Polyamide Thin-Film Composite |
| • Maximum Operating Temperature ^a | 113°F (45°C) |
| • Maximum Element Pressure Drop | 15 psig (1.0 bar) |
| • pH Range, Continuous Operation ^a | 2 - 11 |
| • pH Range, Short-Term Cleaning (30 min.) ^b | 1 - 13 |
| • Maximum Feed Silt Density Index (SDI) | SDI 5 |
| • Free Chlorine Tolerance ^c | <0.1 ppm |

^a Maximum temperature for continuous operation above pH 10 is 95°F (35°C).

^b Refer to Cleaning Guidelines in Form No. 609-23010.

^c Under certain conditions, the presence of free chlorine and other oxidizing agents will cause premature membrane failure. Since oxidation damage is not covered under warranty, FilmTec Corporation recommends removing residual free chlorine by pretreatment prior to membrane exposure. Please refer to technical bulletin 609-22010 for more information.

Important Information

Proper start-up of reverse osmosis water treatment systems is essential to prepare the membranes for operating service and to prevent membrane damage due to overfeeding or hydraulic shock. Following the proper start-up sequence also helps ensure that system operating parameters conform to design specifications so that system water quality and productivity goals can be achieved.

Before initiating system start-up procedures, membrane pretreatment, loading of the membrane elements, instrument calibration and other system checks should be completed.

Please refer to the application information literature entitled "Start-Up Sequence" (Form No. 609-02077) for more information.

Operation Guidelines

Avoid any abrupt pressure or cross-flow variations on the spiral elements during start-up, shutdown, cleaning or other sequences to prevent possible membrane damage. During start-up, a gradual change from a standstill to operating state is recommended as follows:

- Feed pressure should be increased gradually over a 30-60 second time frame.
- Cross-flow velocity at set operating point should be achieved gradually over 15-20 seconds.
- Permeate obtained from first hour of operation should be discarded.

General Information

- Keep elements moist at all times after initial wetting.
- If operating limits and guidelines given in this bulletin are not strictly followed, the limited warranty will be null and void. Refer to DOW™ FILMTEC™ Reverse Osmosis and Nanofiltration Element Three-Year Prorated Limited Warranty (Form No. 609-35010).
- To prevent biological growth during prolonged system shutdowns, it is recommended that membrane elements be immersed in a preservative solution.
- The customer is fully responsible for the effects of incompatible chemicals and lubricants on elements.
- Maximum pressure drop across an entire pressure vessel (housing) is 50 psi (3.4 bar).
- Avoid static permeate-side backpressure at all times.

DOW™ FILMTEC™ Membranes

For more information about DOW FILMTEC membranes, call the Dow Water & Process Solutions business:

North America: 1-800-447-4369
Latin America: (+55) 11-5188-9222
Europe: (+32) 3-450-2240
Pacific: +60 3 7958 3392
Japan: +813 5460 2100
China: +86 21 2301 1000

<http://www.dowwatersolutions.com>

Notice: The use of this product in and of itself does not necessarily guarantee the removal of cysts and pathogens from water. Effective cyst and pathogen reduction is dependent on the complete system design and on the operation and maintenance of the system.

Notice: No freedom from any patent owned by Dow or others is to be inferred. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other government enactments. Dow assumes no obligation or liability for the information in this document. NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.



ANEXO D

PREDIMENSIONAMIENTO DE IMPULSIÓN

Tabla Comparativa de Costos de Alternativas de Impulsión

COMPARACION ALTERNATIVAS DE IMPULSIÓN

\$/m Long TOTAL PARCIAL

Alternativa 2

Tubería acero D = 200 mm, L = 6.000 m	45000	6000	270,000,000	
Tubería HDPE PN10, D = 63 mm, L = 1.500 m	3500	1500	5,250,000	275,250,000
Bomba Multitec, 65 6.1, n=2900 rpm, 4 etapas, 75 KW, $\eta = 76,5\%$			8,500,000	
Bomba KSB Meganorm 25-200, $\phi 209$, n=2900rpm, 4,3 kW			500,000	9,000,000
SUMA			284,250,000	
	\$/Kwh	Total		
Consumo de energía anual Kwh	104	694,668	72,245,472	

VP =	484,772,998
VAN	769,022,998

Alternativa 3

i) Tubería acero D = 200 mm, L = 5.400 m	45000	5400	243,000,000	
Tubería HDPE PN10, D = 75 mm, L = 600 m	4800	600	2,880,000	
Tubería HDPE PN10, D = 63 mm, L = 1500 m	3500	1500	5,250,000	251,130,000
Bomba Multitec, 100 8.1, n=1450 rpm, 10 etapas, 55 kW, $\eta = 55\%$			6,250,000	
Bomba KSB Meganorm 32/250, n=2900 rpm, $\phi 229$, 6,6 kW			750,000	
Bomba KSB Meganorm 25/200, $\phi 209$, n=2900 rpm; 4 kW			460,000	7,460,000
SUMA			258,590,000	

Consumo de energía anual Kwh	104	574,656	59,764,224	
------------------------------	-----	---------	------------	--

VP =	401,022,808
VAN	659,612,808

ii) Tubería HDPE, PN20, D=200 mm, L=5.400 m	42500	5400	229,500,000	
Tubería HDPE PN10, D = 75 mm, L = 600 m	4800	600	2,880,000	
Tubería HDPE PN10, D = 63 mm, L = 1500 m	3500	1500	5,250,000	237,630,000
Bomba KSB Multitec 100 8.1, n=1450 rpm, 11 etapas, 55kW, $\eta=78\%$			6,300,000	
Bomba KSB Meganorm 32/250, n=2900 rpm, $\phi 229$, 6,6 kW			750,000	
Bomba KSB Meganorm 25/200, $\phi 209$, n=2900 rpm; 4 kW			460,000	7,510,000
SUMA			245,140,000	

Consumo de energía anual Kwh	104	574,656	59,764,224	
------------------------------	-----	---------	------------	--

VP =	401,022,808
VAN	646,162,808

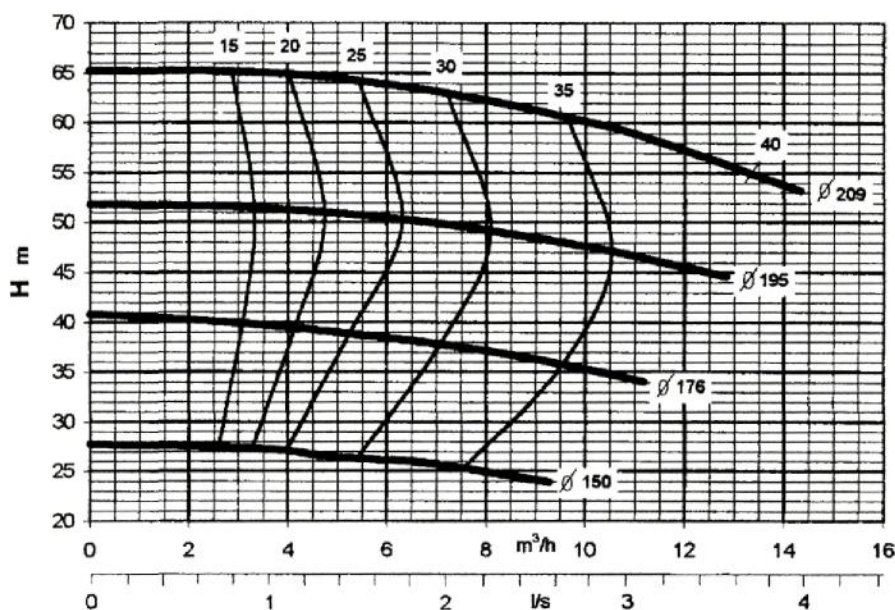
iii) Tubería HDPE, PN20, D=250 mm, L=5.400 m	58000	5400	313,200,000	
Tubería HDPE PN10, D = 75 mm, L = 600 m	4800	600	2,880,000	
Tubería HDPE PN10, D = 63 mm, L = 1500 m	3500	1500	5,250,000	321,330,000
Bomba KSB Multitec 65 6.1, n=2900 rpm, 3 etapas, 45kW, $\eta=75\%$			5,100,000	
Bomba KSB Meganorm 32/250, n=2900 rpm, $\phi 229$, 6,6 kW			750,000	
Bomba KSB Meganorm 25/200, $\phi 209$, n=2900 rpm; 4 kW			460,000	6,310,000
SUMA			327,640,000	

Consumo de energía anual Kwh	104	487,056	50,653,824	
------------------------------	-----	---------	------------	--

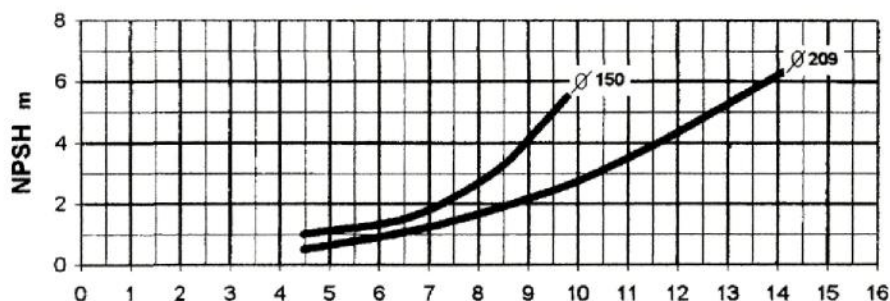
VP =	339,891,282
VAN	667,531,282

KSB MEGANORM KSB MEGANORM BLOC 25-200 KSB MEGACHEM	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed 2900 1/min Velocidad Nominal	
Oferta nr. Project nr. Oferta nr.	Ítem nr. Item nr. Pos. nr.	

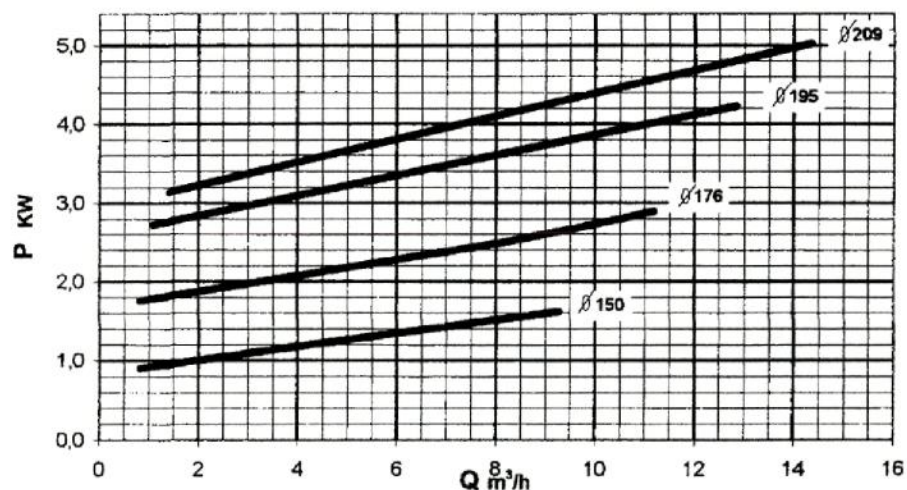
Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica



NPSH
- requerido
- required
- requerido



Potência Necessária
Shaft Power
Potencia Necesaria



Dados válidos para densidade de 1 Kg/dm³ e viscosidade cinemática até 20 mm²/s
Data applies to a density of 1 Kg/dm³ and Kinematical viscosity up to 20 mm²/s
Datos válidos para densidad de 1 Kg/dm³ y viscosidad cinemática hasta 20 mm²/s

Garantia das características de funcionamento conforme ISO 9906 anexo D
Operating data to ISO 9906 attachment D
Garantía de las características de funcionamiento según ISO 9906 suplemento D

KSB MEGANORM**KSB MEGANORM BLOC****32-250.1****KSB MEGACHEM**

Velocidade Nominal

Nom. Rotative Speed

Velocidad Nominal

2900 1/min**KSB**

Oferta nr.

Project nr.

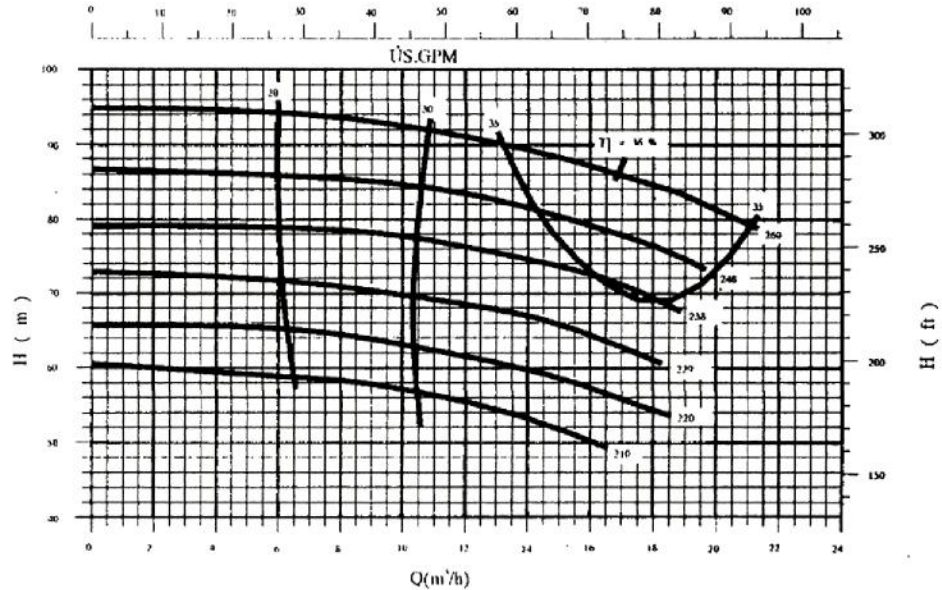
Oferta nr.

Ítem nr.

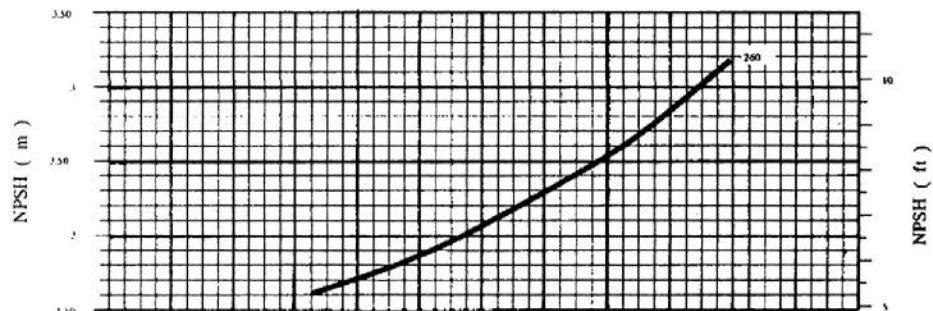
Item nr.

Pos. nr.

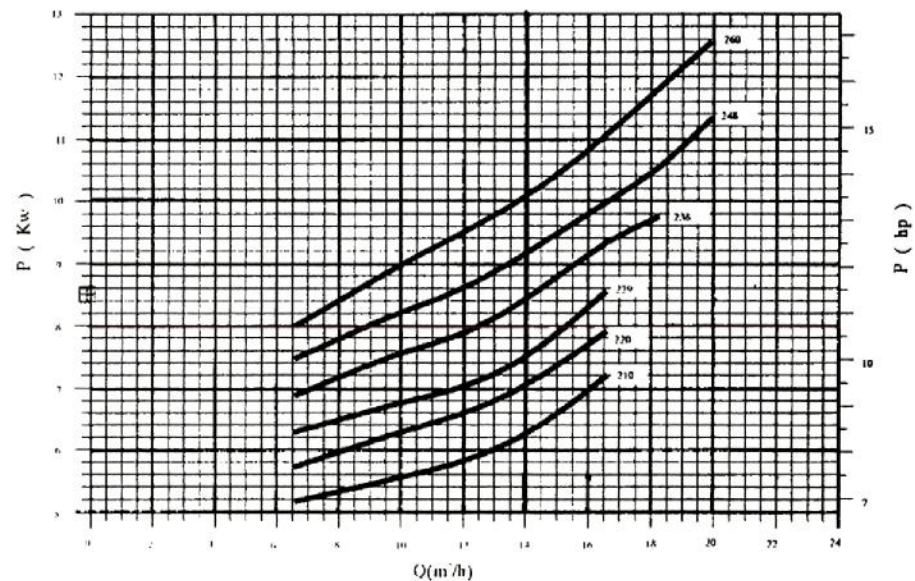
Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica



NPSH
- requerido
- required
- requerido



Potência Necessária
Shaft Power
Potencia Necesaria



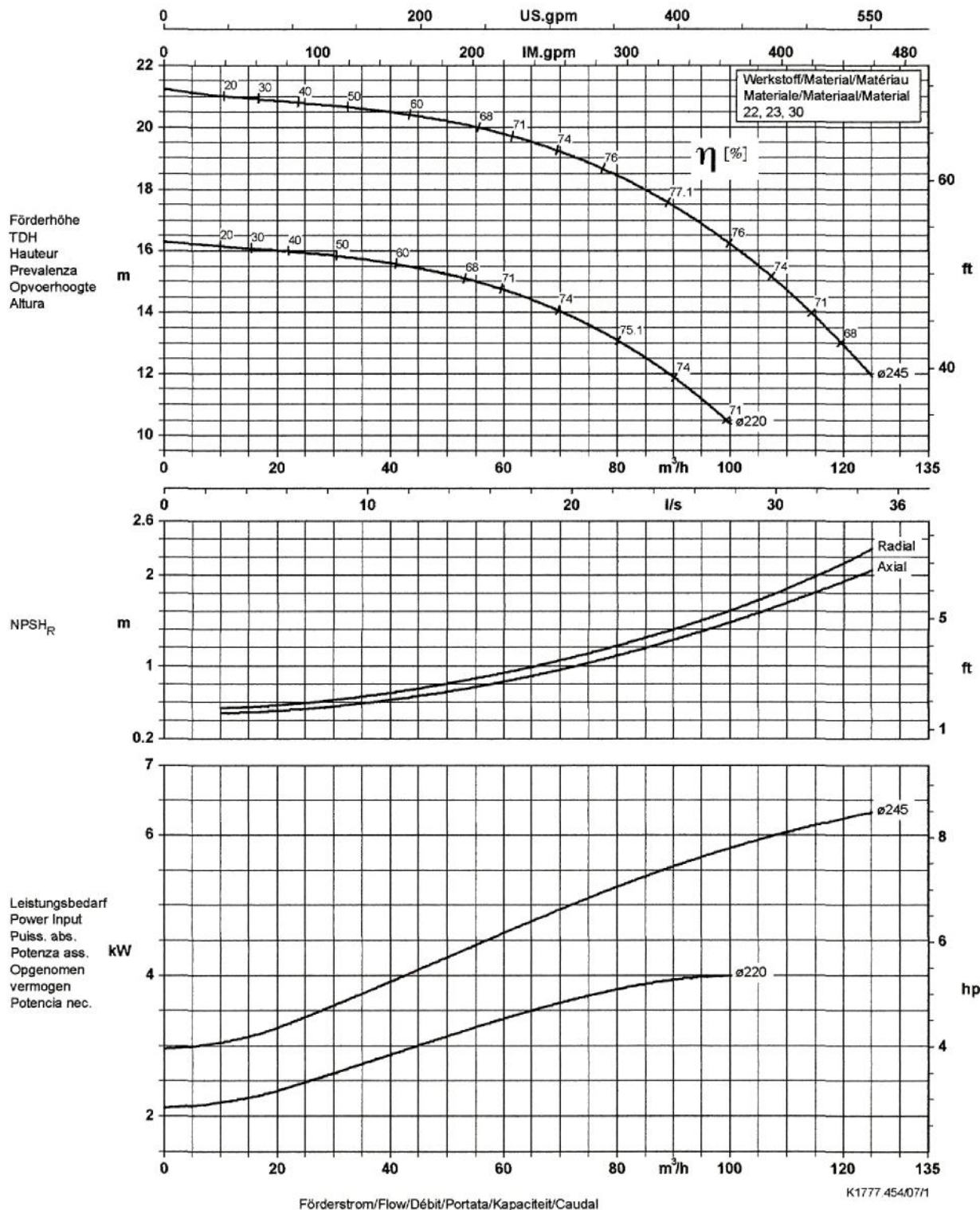
Dados válidos para densidade de 1 Kg/dm³ e viscosidade cinemática até 20 mm²/s
Data applies to a density of 1 Kg/dm³ and Kinematic viscosity up to 20 mm²/s
Datos válidos para densidad de 1 Kg/dm³ y viscosidad cinemática hasta 20 mm²/s

Garantia das características de funcionamento conforme ISO 9906 anexo D
Operating data to ISO 9906 attachment D
Garantía de las características de funcionamiento según ISO 9906 suplemento D

Baureihe-Größe Type-Size Modèle Multitec 100 8.1 1.4408	Tipo Serie Tipo	Nennndrehzahl Nom. speed Vitesse nom. 1450 1/min	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaijer ø Rodete
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offertenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positiennr. Pos.-Nr.

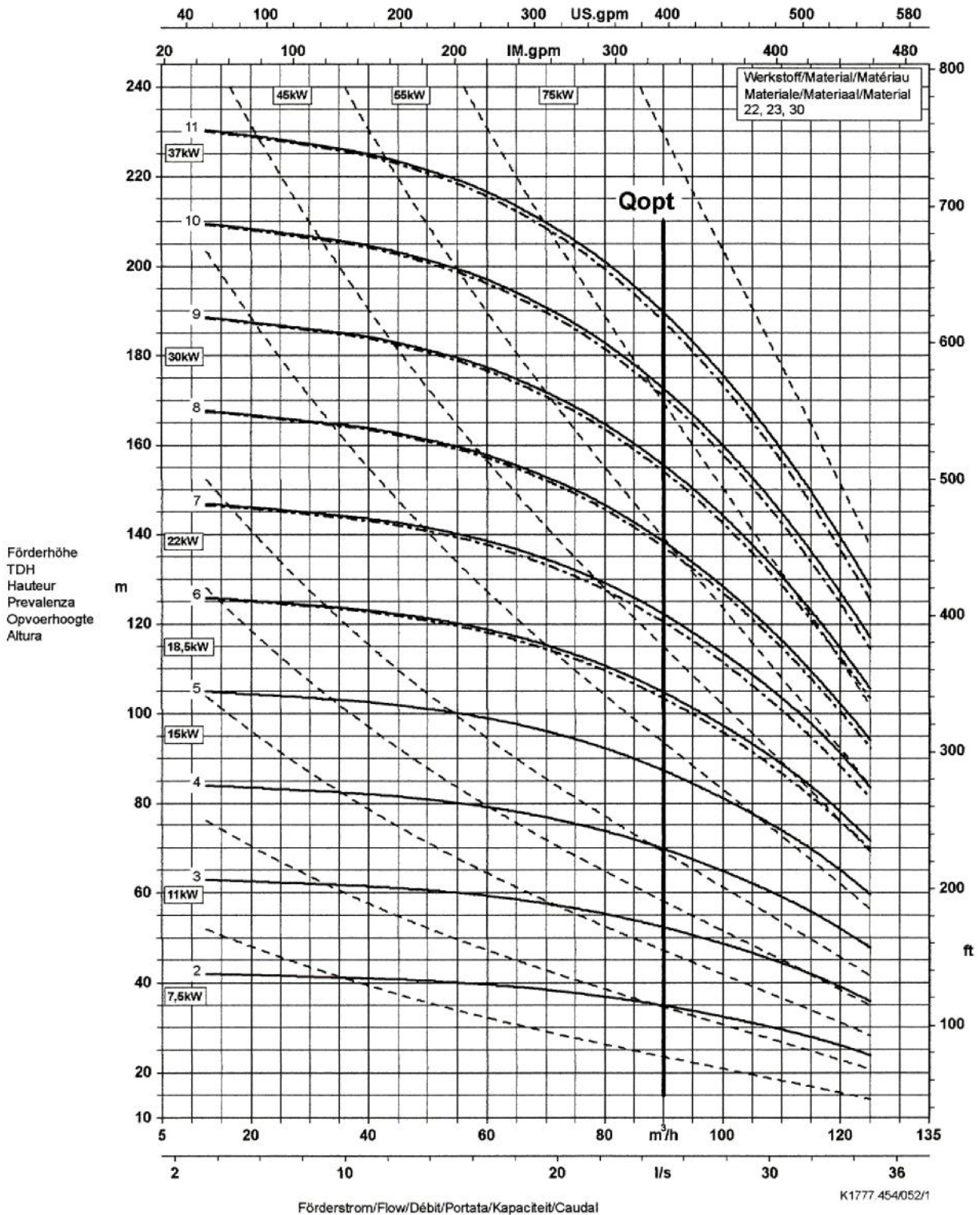


Division Pompes Industrie et Eau
KSB S. A.
Allée de Sagan - B.P. 189
36004 Châteauroux



Laufradaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 16,0 mm
Luca della girante/Waaijer uitrekbreedte/Anchura de salida rodete 16,0 mm

Baureihe-Größe Type-Size Modèle Multitec 100 8.1 1.4408	Tipo Serie Tipo	Nennndrehzahl Nom. speed Vitesse nom. 1450 1/min	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaijer ø Rodete	 KSB Division Pompes Industrie et Eau KSB S. A. Allée de Sagan - B.P. 169 36004 Châteauroux
Projekt Project Projet	Progetto Project Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offertenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positiën. Pos.-Nr.	



Laufadaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 16,0 mm
Luce della girante/Waaijer uitred breedte/Anchura de salida rodete 16,0 mm



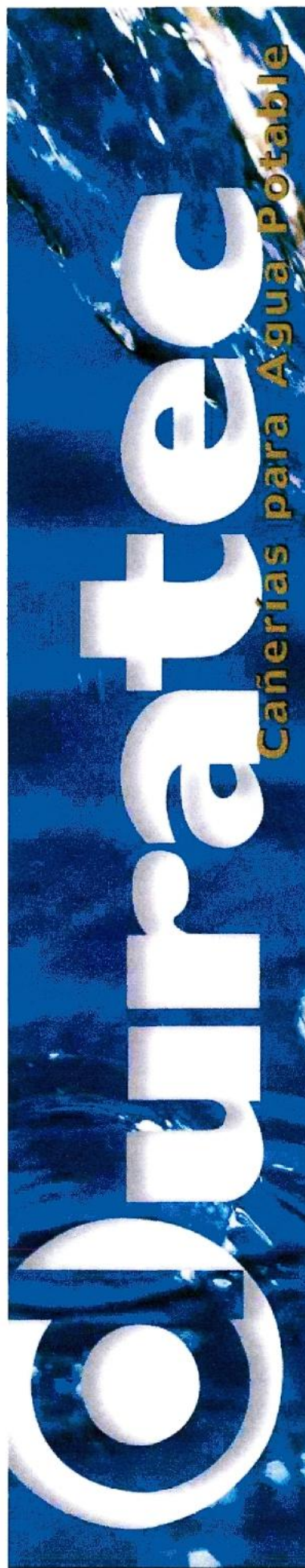
Delfines disfrutando del agua transportada por DURATEC

Cañerías para Agua Potable

mdpe

PE 100

Duratec



PE 100

la revolución del diseño

El desarrollo de nuevos materiales de polietileno (PE) ha permitido obtener polietilenos de alta densidad (HDPE) con propiedades de resistencia significativamente mayores que las del HDPE tradicional. Hoy en día, el denominado grado **PE 100** ó PE de última generación, con sus propiedades y características mejoradas está revolucionando la metodología del diseño. Su mayor densidad le proporciona una mayor rigidez y resistencia a la tensión. Se ha mejorado además, la resistencia a largo plazo a temperaturas elevadas.

El **PE 100**, es el material ideal para la fabricación de cañerías para conducción de fluidos a presión en grandes diámetros. Para una presión determinada, se necesita un espesor de pared mucho menor que con otro tipo ó grado de PE.

Ejemplo

PE 63 vs PE 100

Para conducción de agua a 20°C durante al menos 50 años de servicio.

Presión Nominal (bar) : PN 10

Diámetro externo (mm) : 355

PE 63

Espesor de pared : 32,2 mm

Peso Medio : 34,08 Kg/m

PE 100

Espesor de pared : 21,1 mm

Peso Medio : 23,33 Kg/m

Designación y Clasificación

- La designación del material (por ejemplo, PE 100) se relaciona con el nivel de Resistencia Mínima Requerida, MRS (Minimum Required Strength) que se debe considerar en el diseño de cañerías para la conducción de agua a 20°C, por un tiempo de servicio de al menos 50 años. Así, para el PE 100, el valor MRS es de 10 MPa.

Entonces:

Designación del material: PE 100

MRS a 50 años y 20°C : 10 MPa

MPa = Mega Pascal

- La tensión de diseño σ_s se obtiene al aplicar un coeficiente de diseño "C" sobre el valor MRS del material (C= 1,25 para PE, norma ISO 12162)

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C} = \frac{10 \text{ MPa}}{1,25} = 8 \text{ MPa}$$

- La relación dimensional estándar SDR, es la relación entre el diámetro externo y el espesor de pared de la cañería. Es un número adimensional y se utiliza para identificar una clase (categoría) de presión (a menor SDR, mayor presión).

$$SDR = \frac{D}{e} \quad \begin{array}{l} D: \text{diámetro externo de la cañería, mm} \\ e: \text{espesor de pared, mm} \end{array}$$

Diámetro externo D	Diámetro nominal equivalente ¹⁾	Relación Dimensional Estándar SDR ²⁾											
		SDR 27,6		SDR 21		SDR 17		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9	
		PN 6		PN 8		PN 10		PN 12,5		PN 16		PN 20	
		Espesor mínimo mm	Peso medio Kg/m	Espesor mínimo mm	Peso medio Kg/m	Espesor mínimo mm	Peso medio Kg/m	Espesor mínimo mm	Peso medio Kg/m	Espesor mínimo mm	Peso medio Kg/m	Espesor mínimo mm	Peso medio Kg/m
mm	pulgadas												
16	3/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	0,10
20	1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	0,14
25	3/4	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	0,17	2,8	0,20
32	1	-	-	-	-	2,3 ⁴⁾	0,23	2,4	0,24	3,0	0,28	3,6	0,33
40	1 1/4	-	-	2,3 ⁴⁾	0,29	2,4	0,30	3,0	0,36	3,7	0,44	4,5	0,52
50	1 1/2	2,3 ⁴⁾	0,37	2,4	0,38	3,0	0,46	3,7	0,56	4,6	0,68	5,6	0,81
63	2	2,3	0,47	3,0	0,59	3,8	0,73	4,7	0,89	5,8	1,07	7,1	1,28
75	2 1/2	2,8	0,66	3,6	0,84	4,5	1,03	5,6	1,26	6,8	1,51	8,4	1,81
90	3	3,3	0,94	4,3	1,20	5,4	1,49	6,7	1,82	8,2	2,18	10,1	2,61
110	4	4,0	1,38	5,3	1,80	6,6	2,21	8,1	2,68	10,0	3,23	12,3	3,88
125	5	4,6	1,80	6,0	2,32	7,4	2,83	9,2	3,45	11,4	4,20	14,0	5,01
140	5 1/2	5,1	2,24	6,7	2,91	8,3	3,55	10,3	4,33	12,7	5,24	15,7	6,30
160	6	5,8	2,91	7,7	3,81	9,5	4,65	11,8	5,66	14,6	6,86	17,9	8,35
180	7	6,6	3,72	8,6	4,78	10,7	5,89	13,3	7,18	16,4	8,83	20,1	10,57
200	8	7,3	4,57	9,6	5,94	11,9	7,25	14,7	8,84	18,2	10,90	22,4	13,07
225	9	8,2	5,79	10,8	7,53	13,4	9,21	16,6	11,43	20,5	13,80	25,2	16,55
250	10	9,1	7,13	11,9	9,19	14,8	11,30	18,4	14,06	22,7	17,00	27,9	20,36
280	11	10,2	8,96	13,4	11,62	16,6	14,46	20,6	17,65	25,4	21,30	31,3	25,59
315	12	11,4	11,27	15,0	14,61	18,7	18,32	23,2	22,35	28,6	27,00	35,2	32,38
355	14	12,9	14,35	16,9	18,89	21,1	23,30	26,1	28,35	32,2	34,26	39,7	41,16
400	16	14,5	18,15	19,1	24,09	23,7	29,49	29,4	35,96	36,3	43,50	44,7	52,22
450	18	16,3	23,41	21,5	30,46	26,7	37,38	33,1	45,58	40,9	55,13	50,3	66,10
500	20	18,1	28,92	23,9	37,64	29,7	46,19	36,8	56,28	45,4	68,01	55,8	81,49
560	22	20,3	36,29	26,7	47,14	33,2	57,84	41,2	70,59	50,8	85,25	-	-
630	25	22,8	45,87	30,0	59,55	37,4	73,27	46,2	89,08	57,2	108,01	-	-
710	28	25,7	58,30	33,9	75,86	42,1	93,03	52,2	113,41	-	-	-	-
800	32	29,0	74,06	38,1	96,15	47,4	117,96	58,8	143,93	-	-	-	-
900	36	32,6	93,77	42,9	121,73	53,3	149,26	-	-	-	-	-	-
1000	40	36,2	115,68	47,7	150,44	59,3	184,51	-	-	-	-	-	-
1200	48	43,4	166,32	57,2	216,43	-	-	-	-	-	-	-	-
1400	54	50,6	226,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1600	64	57,9	295,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1) Diámetro nominal equivalente en pulgadas, como referencia con la norma ASME/ANSI B36.10.

2) La Relación Dimensional Estándar SDR corresponde al cociente entre el diámetro externo y el espesor de pared de la cañería. Es adimensional.

3) La Presión Nominal PN corresponde a la máxima presión de operación admisible de la cañería a 20°C, en bar.

4) Valores no cubiertos por la norma ISO 4427. En base a nuestra experiencia, recomendamos un espesor mínimo de 2,3 mm para estas medidas.

Esta tabla se basa en las normas ISO 4427 e ISO 4065.

Los pesos están calculados en base a valores medios de diámetro y espesor, según tolerancias especificadas en la norma ISO 11922-1.

Las cifras coloreadas en azul, indican los diámetros (con sus respectivas presiones nominales) que actualmente fabrica Duratec-Vinilit.

Todas las cañerías DURATEC son de calidad garantizada.

• Todas las cañerías para servicios a presión se diseñan para resistir una presión hidrostática interna específica. Esta es la Presión Nominal PN que indica la máxima presión de trabajo a la cual la línea completa (sistema) puede estar sometida en operación continua.

Cuando la cañería es sometida a una presión interna, se induce una tensión en la pared de la cañería, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{p(D - e)}{2e}$$

p : presión hidrostática, MPa
 σ : tensión, MPa

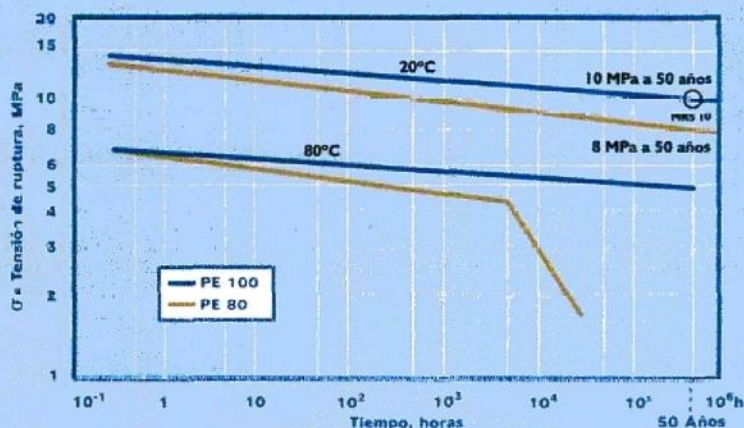
• De la ecuación anterior se desprende que el espesor de pared de una cañería para una clase de Presión Nominal PN es:

$$e = \frac{PN \cdot D}{2\sigma_s + PN}$$

PN : presión nominal, MPa
 D : diámetro externo, mm
 σ_s : tensión de diseño, MPa

Gráfico: Tensión de ruptura vs Tiempo

para PE 80 y PE 100 (a 20°C y 80°C)



En la Figura se muestran las curvas Tensión/Tiempo para PE 80 y PE 100 a 20°C y 80°C.

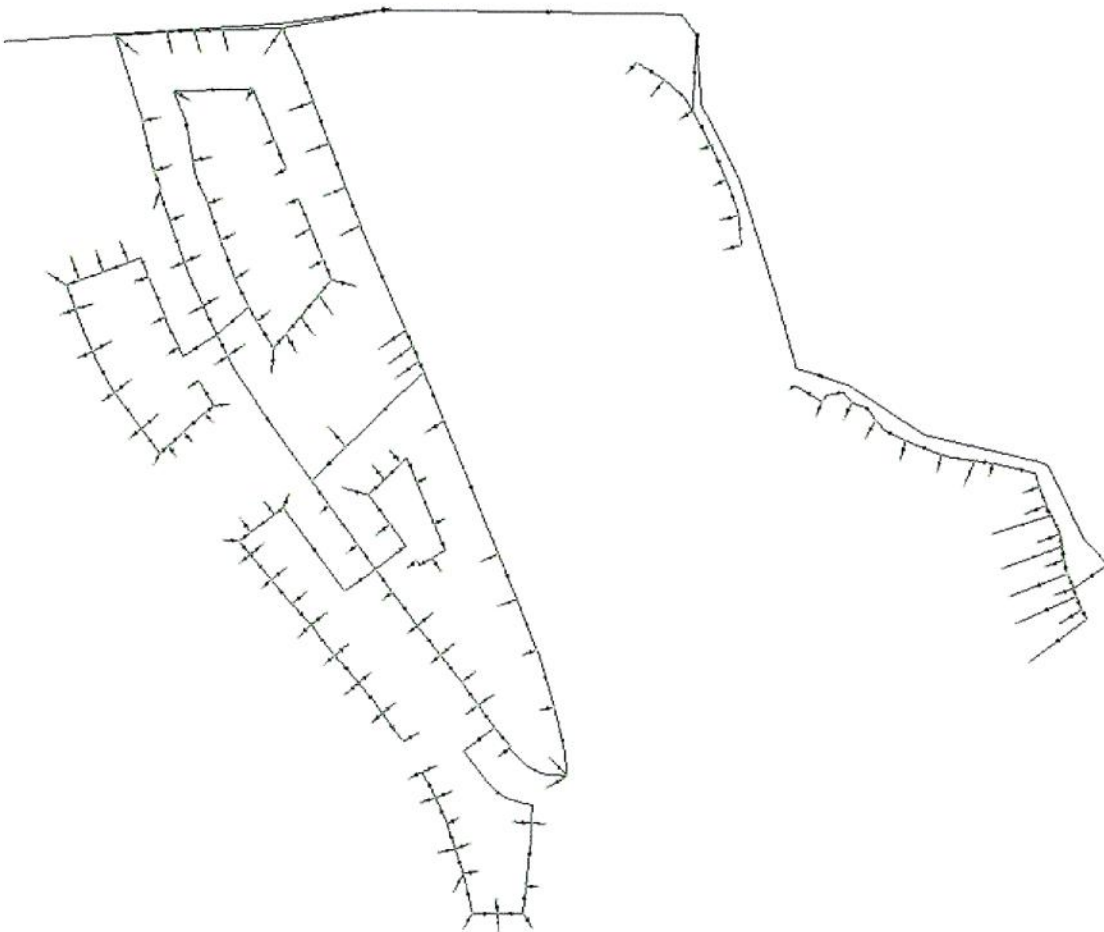
Como se puede observar, las gráficas son rectas a 20°C. Para PE 100, la gráfica permanece recta, incluso a 50 años y a la elevada temperatura de 80°C.

Fuente: Lars-Eric Janson, Borealis (1999).

ANEXO E

PREDISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN

Esquema de red de distribución



RESULTADOS PÉRDIDA DE CARGA

Id	Label	Scaled Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
56	T-1	73.23	N-3	N-6	96.8	PEAD	150	2.4	0.33	0.001
87	T-2	22.22	N-1	N-13	96.8	PEAD	150	-8.15	1.11	0.012
89	T-3	54.26	N-12	N-13	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
92	T-4	30.6	N-13	N-15	96.8	PEAD	150	-8.3	1.13	0.012
94	T-5	56.62	N-14	N-15	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
97	T-6	32.98	N-15	N-17	96.8	PEAD	150	-8.45	1.15	0.013
99	T-7	59.99	N-16	N-17	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
103	T-8	122.54	N-5	N-19	96.8	PEAD	150	1.2	0.16	0
105	T-9	32.14	N-18	N-19	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
108	T-10	70.11	N-19	N-21	96.8	PEAD	150	1.05	0.14	0
110	T-11	50.05	N-20	N-21	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
113	T-12	40.5	N-21	N-23	96.8	PEAD	150	0.9	0.12	0
115	T-13	36.87	N-22	N-23	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
118	T-14	44.77	N-23	N-25	96.8	PEAD	150	0.75	0.1	0
120	T-15	32.14	N-24	N-25	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
123	T-16	67.93	N-25	N-27	96.8	PEAD	150	0.6	0.08	0
125	T-17	20.19	N-26	N-27	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
128	T-18	83.83	N-27	N-29	96.8	PEAD	150	0.45	0.06	0
130	T-19	22.26	N-28	N-29	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
134	T-20	100.73	N-31	N-1	96.8	PEAD	150	-3.74	0.51	0.003
135	T-21	40.1	N-30	N-31	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
139	T-22	272.93	N-33	N-31	96.8	PEAD	150	-3.59	0.49	0.003
140	T-23	36.78	N-32	N-33	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
150	T-24	92.81	N-35	N-33	96.8	PEAD	150	-3.44	0.47	0.002
151	T-25	36.24	N-34	N-35	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
155	T-26	103.02	N-37	N-35	96.8	PEAD	150	-3.29	0.45	0.002
156	T-27	28.29	N-36	N-37	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
159	T-28	83.4	N-29	N-39	96.8	PEAD	150	0.3	0.04	0
161	T-29	29.8	N-38	N-39	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
164	T-30	38.16	N-39	N-41	96.8	PEAD	150	0.15	0.02	0
166	T-31	22.08	N-40	N-41	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
171	T-32	38.12	N-42	N-43	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
174	T-33	69.84	N-43	N-45	96.8	PEAD	150	0.61	0.08	0
176	T-34	34.64	N-44	N-45	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
179	T-35	66.24	N-45	N-47	96.8	PEAD	150	0.31	0.04	0

181	T-36	32.98	N-46	N-47	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
183	T-37	46.97	N-48	N-4	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
189	T-38	132.39	N-4	N-50	96.8	PEAD	150	-2.99	0.41	0.002
190	T-39	113.98	N-50	N-37	96.8	PEAD	150	-3.14	0.43	0.002
191	T-40	27.67	N-49	N-50	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
199	T-41	53.05	N-47	N-52	96.8	PEAD	150	0.16	0.02	0
200	T-42	53.27	N-52	N-3	96.8	PEAD	150	-0.14	0.02	0
201	T-43	35.03	N-51	N-52	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
206	T-44	33.8	N-53	N-54	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
210	T-45	62.35	N-56	N-54	96.8	PEAD	150	-1.8	0.24	0.001
211	T-46	37.39	N-55	N-56	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
215	T-47	60.18	N-58	N-56	96.8	PEAD	150	-1.5	0.2	0.001
216	T-48	37.62	N-57	N-58	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
226	T-49	53.46	N-60	N-58	96.8	PEAD	150	-1.35	0.18	0
227	T-50	35.42	N-59	N-60	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
231	T-51	73.2	N-62	N-60	96.8	PEAD	150	-1.05	0.14	0
232	T-52	34.25	N-61	N-62	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
236	T-53	69.68	N-64	N-62	96.8	PEAD	150	-0.75	0.1	0
237	T-54	32.15	N-63	N-64	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
241	T-55	73.68	N-66	N-64	96.8	PEAD	150	-0.45	0.06	0
242	T-56	31.09	N-65	N-66	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
252	T-57	66.2	N-68	N-66	96.8	PEAD	150	-0.15	0.02	0
253	T-58	33.96	N-67	N-68	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
258	T-59	32.4	N-69	N-70	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
268	T-60	55.6	N-72	N-70	96.8	PEAD	150	0.3	0.04	0
269	T-61	32.42	N-71	N-72	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
273	T-62	53.96	N-74	N-72	96.8	PEAD	150	0.6	0.08	0
274	T-63	25.36	N-73	N-74	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
281	T-64	50.3	N-76	N-74	96.8	PEAD	150	0.75	0.1	0
282	T-65	28.82	N-75	N-76	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
286	T-66	49.42	N-78	N-76	96.8	PEAD	150	1.05	0.14	0
287	T-67	29.02	N-77	N-78	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
290	T-68	33.14	N-54	N-80	96.8	PEAD	150	-2.1	0.29	0.001
292	T-69	29.93	N-79	N-80	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
298	T-70	26.85	N-80	N-82	96.8	PEAD	150	-2.25	0.31	0.001
300	T-71	33.3	N-81	N-82	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
306	T-72	57.72	N-82	N-84	96.8	PEAD	150	-2.4	0.33	0.001
308	T-73	30.63	N-83	N-84	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
310	T-74	71.48	N-5	N-85	96.8	PEAD	150	2.7	0.37	0.002
319	T-75	27.25	N-86	N-87	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
325	T-76	206.23	N-6	N-89	96.8	PEAD	150	2.4	0.33	0.001

327	T-77	35.11	N-88	N-89	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
330	T-78	20.28	N-84	N-91	96.8	PEAD	150	-2.55	0.35	0.001
331	T-79	196.72	N-91	N-85	96.8	PEAD	150	-2.7	0.37	0.002
332	T-80	26.61	N-90	N-91	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
335	T-81	56.85	N-2	N-93	96.8	PEAD	150	5.26	0.71	0.005
337	T-82	22.22	N-92	N-93	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
340	T-83	93.03	N-93	N-95	96.8	PEAD	150	5.11	0.69	0.005
341	T-84	58.25	N-95	N-5	96.8	PEAD	150	4.96	0.67	0.005
342	T-85	26.95	N-94	N-95	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
369	T-86	53.73	N-5	N-97	96.8	PEAD	150	1.06	0.14	0
370	T-87	79.61	N-97	N-43	96.8	PEAD	150	0.91	0.12	0
371	T-88	22.4	N-96	N-97	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
373	T-89	23.84	N-98	N-43	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
375	T-90	26.04	N-45	N-99	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
377	T-91	28.8	N-52	N-100	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
380	T-92	46.72	N-3	N-102	96.8	PEAD	150	-2.54	0.35	0.001
381	T-93	129.5	N-102	N-4	96.8	PEAD	150	-2.69	0.37	0.002
382	T-94	29.17	N-101	N-102	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
384	T-95	45	N-103	N-4	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
475	T-96	205.49	N-1	N-105	96.8	PEAD	150	4.41	0.6	0.004
476	T-97	90.94	N-105	N-2	96.8	PEAD	150	4.26	0.58	0.004
477	T-98	51.19	N-104	N-105	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
482	T-99	46.8	N-106	N-107	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
486	T-100	36.29	N-109	N-107	96.8	PEAD	150	-1.05	0.14	0
487	T-101	42.12	N-108	N-109	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
491	T-102	42.03	N-111	N-109	96.8	PEAD	150	-0.9	0.12	0
492	T-103	43.45	N-110	N-111	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
496	T-104	54.35	N-113	N-111	96.8	PEAD	150	-0.75	0.1	0
497	T-105	45.25	N-112	N-113	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
501	T-106	37.24	N-115	N-113	96.8	PEAD	150	-0.6	0.08	0
502	T-107	47.62	N-114	N-115	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
506	T-108	41.45	N-117	N-115	96.8	PEAD	150	-0.45	0.06	0
507	T-109	28.24	N-116	N-117	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
511	T-110	64.65	N-119	N-117	96.8	PEAD	150	-0.3	0.04	0
512	T-111	33.47	N-118	N-119	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
516	T-112	60.3	N-121	N-119	96.8	PEAD	150	-0.15	0.02	0
517	T-113	24.15	N-120	N-121	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
522	T-114	22.47	N-122	N-123	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
526	T-115	59.21	N-125	N-123	96.8	PEAD	150	0.15	0.02	0
527	T-116	20.36	N-124	N-125	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
534	T-117	107.43	N-127	N-125	96.8	PEAD	150	0.3	0.04	0

535	T-118	23.19	N-126	N-127	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
539	T-119	149.65	N-129	N-127	96.8	PEAD	150	0.45	0.06	0
540	T-120	35.36	N-128	N-129	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
544	T-121	138.68	N-131	N-129	96.8	PEAD	150	0.6	0.08	0
545	T-122	35.64	N-130	N-131	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
549	T-123	86.12	N-133	N-131	96.8	PEAD	150	0.75	0.1	0
550	T-124	28.21	N-132	N-133	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
554	T-125	74.2	N-135	N-133	96.8	PEAD	150	0.9	0.12	0
555	T-126	31.01	N-134	N-135	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
559	T-127	77.82	N-137	N-135	96.8	PEAD	150	1.05	0.14	0
560	T-128	31.92	N-136	N-137	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
563	T-129	60.63	N-107	N-139	96.8	PEAD	150	-1.2	0.16	0
564	T-130	30.64	N-139	N-7	96.8	PEAD	150	-1.35	0.18	0
565	T-131	31.03	N-138	N-139	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
566	T-132	59.98	N-137	N-7	96.8	PEAD	150	-1.2	0.16	0
567	T-133	80.63	N-7	N-10	96.8	PEAD	150	-2.55	0.35	0.001
571	T-134	217.51	N-17	N-141	96.8	PEAD	150	-8.6	1.17	0.013
573	T-135	43.64	N-140	N-141	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
576	T-136	76.92	N-141	N-143	96.8	PEAD	150	-8.75	1.19	0.013
578	T-137	45.07	N-142	N-143	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
581	T-138	88.77	N-143	N-145	96.8	PEAD	150	-8.9	1.21	0.014
583	T-139	45.05	N-144	N-145	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
586	T-140	86.49	N-145	N-147	96.8	PEAD	150	-9.05	1.23	0.014
588	T-141	48.96	N-146	N-147	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
590	T-142	59.96	N-148	N-8	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
593	T-143	114.11	N-8	N-150	96.8	PEAD	150	8.8	1.2	0.014
595	T-144	42.23	N-149	N-150	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
598	T-145	52.71	N-150	N-152	96.8	PEAD	150	8.65	1.18	0.013
600	T-146	41.44	N-151	N-152	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
603	T-147	51.82	N-152	N-154	96.8	PEAD	150	8.5	1.15	0.013
604	T-148	97.03	N-154	N-9	96.8	PEAD	150	8.35	1.13	0.012
605	T-149	42.49	N-153	N-154	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
607	T-150	55.42	N-155	N-9	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
610	T-151	170.99	N-9	N-157	96.8	PEAD	150	8.2	1.11	0.012
612	T-152	33.78	N-156	N-157	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
618	T-153	97.51	N-157	N-159	96.8	PEAD	150	8.05	1.09	0.011
619	T-154	34.55	N-159	N-11	96.8	PEAD	150	7.9	1.07	0.011
620	T-155	33.6	N-158	N-159	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
623	T-156	64.31	N-11	N-161	96.8	PEAD	150	7.75	1.05	0.011
625	T-157	28.72	N-160	N-161	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
631	T-158	84.82	N-161	N-163	96.8	PEAD	150	7.6	1.03	0.01

633	T-159	33.34	N-162	N-163	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
636	T-160	90.02	N-163	N-165	96.8	PEAD	150	7.3	0.99	0.01
637	T-161	59.96	N-165	N-10	96.8	PEAD	150	7	0.95	0.009
638	T-162	32.45	N-164	N-165	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
641	T-163	45.63	N-10	N-167	96.8	PEAD	150	1.3	0.18	0
642	T-164	285.05	N-167	N-2	96.8	PEAD	150	1	0.14	0
643	T-165	38.47	N-166	N-167	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
648	T-166	24.82	N-168	N-169	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
651	T-167	20.69	N-169	N-171	96.8	PEAD	150	0.75	0.1	0
653	T-168	23.7	N-170	N-171	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
656	T-169	37.97	N-171	N-173	96.8	PEAD	150	0.6	0.08	0
658	T-170	26.42	N-172	N-173	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
664	T-171	54.51	N-173	N-175	96.8	PEAD	150	0.45	0.06	0
666	T-172	23.39	N-174	N-175	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
669	T-173	22.87	N-175	N-177	96.8	PEAD	150	0.3	0.04	0
671	T-174	29.03	N-176	N-177	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
673	T-175	28.39	N-178	N-167	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
675	T-176	30.67	N-165	N-179	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
677	T-177	27.6	N-163	N-180	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
681	T-178	40.9	N-11	N-181	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
686	T-179	34.58	N-182	N-183	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
689	T-180	86.76	N-183	N-185	96.8	PEAD	150	1.8	0.24	0.001
691	T-181	40.64	N-184	N-185	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
694	T-182	89.66	N-185	N-187	96.8	PEAD	150	1.5	0.2	0.001
696	T-183	38.92	N-186	N-187	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
699	T-184	84.54	N-187	N-189	96.8	PEAD	150	1.2	0.16	0
700	T-185	59.01	N-189	N-169	96.8	PEAD	150	0.9	0.12	0
701	T-186	42.62	N-188	N-189	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
706	T-187	27.82	N-190	N-191	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
710	T-188	83.23	N-193	N-191	96.8	PEAD	150	2.85	0.39	0.002
711	T-189	28.69	N-192	N-193	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
714	T-190	95.56	N-10	N-195	96.8	PEAD	150	3.15	0.43	0.002
715	T-191	61.53	N-195	N-193	96.8	PEAD	150	3	0.41	0.002
716	T-192	27.88	N-194	N-195	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
719	T-193	55.46	N-177	N-197	96.8	PEAD	150	0.15	0.02	0
721	T-194	24.52	N-196	N-197	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
777	T-195	29.97	N-189	N-198	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
779	T-196	28.92	N-187	N-199	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
781	T-197	30.51	N-185	N-200	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
783	T-198	29.08	N-183	N-201	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
787	T-199	48.42	N-203	N-183	96.8	PEAD	150	2.1	0.29	0.001

788	T-200	45.37	N-202	N-203	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
792	T-201	26.97	N-205	N-203	96.8	PEAD	150	2.25	0.31	0.001
793	T-202	47.14	N-204	N-205	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
797	T-203	47.33	N-207	N-205	96.8	PEAD	150	2.4	0.33	0.001
798	T-204	42.45	N-206	N-207	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
801	T-205	64.27	N-191	N-209	96.8	PEAD	150	2.7	0.37	0.002
802	T-206	51.07	N-209	N-207	96.8	PEAD	150	2.55	0.35	0.001
803	T-207	44.02	N-208	N-209	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
805	T-208	25.37	N-54	N-210	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
807	T-209	24.14	N-56	N-211	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
809	T-210	35.27	N-60	N-212	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
811	T-211	29.19	N-62	N-213	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
813	T-212	32.94	N-64	N-214	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
815	T-213	26.4	N-66	N-215	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
817	T-214	27.64	N-70	N-216	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
819	T-215	29.33	N-72	N-217	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
821	T-216	33.44	N-76	N-218	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
823	T-217	37.04	N-78	N-219	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
825	T-218	25.69	N-89	N-220	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
828	T-219	119.39	N-89	N-222	96.8	PEAD	150	2.1	0.29	0.001
830	T-220	24.28	N-221	N-222	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
833	T-221	53.64	N-87	N-224	96.8	PEAD	150	1.5	0.2	0.001
834	T-222	75.59	N-224	N-78	96.8	PEAD	150	1.35	0.18	0
835	T-223	33.04	N-223	N-224	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
837	T-224	34.49	N-87	N-225	35.2	PEAD	150	0.15	0.15	0.001
840	T-225	51.17	N-222	N-227	96.8	PEAD	150	1.95	0.26	0.001
841	T-226	48.28	N-227	N-87	96.8	PEAD	150	1.8	0.24	0.001
842	T-227	33.24	N-226	N-227	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1011	T-230	78.46	TK-2	N-228	141	PEAD	150	2.85	0.18	0
1015	T-231	138.02	N-230	N-229	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1019	T-232	20.69	N-232	N-229	96.8	PEAD	150	0.15	0.02	0
1020	T-233	50.35	N-231	N-232	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1025	T-234	16.55	N-228	N-235	96.8	PEAD	150	0.45	0.06	0
1026	T-235	26.78	N-235	N-232	96.8	PEAD	150	0.3	0.04	0
1027	T-236	123.19	N-234	N-235	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1029	T-237	38.5	N-236	N-228	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1032	T-238	29.64	N-228	N-238	96.8	PEAD	150	2.25	0.31	0.001
1034	T-239	115.85	N-237	N-238	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1037	T-240	28.17	N-238	N-240	96.8	PEAD	150	2.1	0.29	0.001
1039	T-241	38.95	N-239	N-240	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1042	T-242	24.94	N-240	N-242	96.8	PEAD	150	1.95	0.26	0.001

1044	T-243	120.45	N-241	N-242	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1047	T-244	24.62	N-242	N-244	96.8	PEAD	150	1.8	0.24	0.001
1049	T-245	45.64	N-243	N-244	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1052	T-246	39.14	N-244	N-246	96.8	PEAD	150	1.65	0.22	0.001
1054	T-247	118.72	N-245	N-246	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1057	T-248	21.43	N-246	N-248	96.8	PEAD	150	1.5	0.2	0.001
1059	T-249	43.77	N-247	N-248	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1062	T-250	37.43	N-248	N-250	96.8	PEAD	150	1.35	0.18	0
1064	T-251	32.31	N-249	N-250	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1069	T-252	49.68	N-251	N-252	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1072	T-253	109.24	N-250	N-254	96.8	PEAD	150	1.2	0.16	0
1073	T-254	35.24	N-254	N-252	96.8	PEAD	150	1.05	0.14	0
1074	T-255	24.63	N-253	N-254	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1079	T-256	63.94	N-252	N-256	96.8	PEAD	150	0.9	0.12	0
1081	T-257	33.16	N-255	N-256	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1084	T-258	71.38	N-256	N-258	96.8	PEAD	150	0.75	0.1	0
1086	T-259	37.58	N-257	N-258	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1089	T-260	70.29	N-258	N-260	96.8	PEAD	150	0.6	0.08	0
1091	T-261	38.72	N-259	N-260	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1094	T-262	59.36	N-260	N-262	96.8	PEAD	150	0.45	0.06	0
1096	T-263	34.58	N-261	N-262	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1099	T-264	72.55	N-262	N-264	96.8	PEAD	150	0.3	0.04	0
1100	T-265	62.81	N-264	N-233	96.8	PEAD	150	0.15	0.02	0
1101	T-266	29.16	N-263	N-264	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1103	T-267	11.65	N-265	N-233	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1110	T-268	36.51	N-267	N-268	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1113	T-269	55.73	N-268	N-270	96.8	PEAD	150	-0.15	0.02	0
1115	T-270	37.8	N-269	N-270	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1118	T-271	72.25	N-270	N-272	96.8	PEAD	150	-0.3	0.04	0
1120	T-272	27.44	N-271	N-272	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1123	T-273	70.28	N-272	N-274	96.8	PEAD	150	-0.45	0.06	0
1125	T-274	20.78	N-273	N-274	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1130	T-275	74.64	N-274	N-276	96.8	PEAD	150	-0.6	0.08	0
1132	T-276	28.63	N-275	N-276	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1135	T-277	81.19	N-276	N-278	96.8	PEAD	150	0.3	0.04	0
1137	T-278	39.96	N-277	N-278	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1138	T-279	61.76	N-278	N-266	96.8	PEAD	150	0.15	0.02	0
1140	T-280	28.99	N-279	N-266	35.2	PEAD	150	-0.15	0.15	0.001
1141	T-281	143.19	TK-1	N-276	96.8	PEAD	150	1.05	0.14	0
1165	T-283	74.69	N-147	H-1	96.8	PEAD	150	-9.2	1.25	0.015
1166	T-284	74.85	H-1	N-8	96.8	PEAD	150	-9.2	1.25	0.015

1266	P-663	194.37	N-8	TK-3	141	PEAD	150	-18.15	1.16	0.008
------	-------	--------	-----	------	-----	------	-----	--------	------	-------

RESULTADOS DE PRESIONES

Id	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
32	N-1	171	0	187.34	16.3
33	N-2	152.5	0	186.25	33.7
35	N-3	147	0	185.19	38.1
37	N-4	151.5	0	185.44	33.9
40	N-5	148.5	0	185.22	36.7
53	N-6	143	0	185.1	42
61	N-7	164	0	186.23	22.2
65	N-8	178	0	196.89	18.9
67	N-9	161	0	192.81	31.8
69	N-10	158	0	186.34	28.3
81	N-11	158.5	0	189.29	30.7
85	N-12	168	0.15	187.59	19.5
86	N-13	171.5	0	187.61	16.1
90	N-14	169	0.15	187.96	18.9
91	N-15	173	0	187.98	14.9
95	N-16	170	0.15	188.37	18.3
96	N-17	174	0	188.39	14.4
101	N-18	151.5	0.15	185.16	33.6
102	N-19	153	0	185.18	32.1
106	N-20	153.5	0.15	185.16	31.6
107	N-21	155	0	185.18	30.1
111	N-22	157	0.15	185.15	28.1
112	N-23	157	0	185.17	28.1
116	N-24	160	0.15	185.14	25.1
117	N-25	159	0	185.16	26.1
121	N-26	160	0.15	185.14	25.1
122	N-27	158.5	0	185.16	26.6
126	N-28	157.5	0.15	185.13	27.6
127	N-29	156.5	0	185.15	28.6
131	N-30	165	0.15	187.05	22
132	N-31	168	0	187.07	19
136	N-32	156	0.15	186.34	30.3
137	N-33	157.5	0	186.36	28.8
147	N-34	155	0.15	186.12	31.1
148	N-35	155.5	0	186.14	30.6
152	N-36	152	0.15	185.9	33.8
153	N-37	153	0	185.92	32.9
157	N-38	151.5	0.15	185.13	33.6

158	N-39	152.5	0	185.15	32.6
162	N-40	150.5	0.15	185.13	34.6
163	N-41	151	0	185.15	34.1
167	N-42	149	0.15	185.17	36.1
168	N-43	147	0	185.19	38.1
172	N-44	149	0.15	185.17	36.1
173	N-45	147	0	185.19	38.1
177	N-46	148.5	0.15	185.17	36.6
178	N-47	146.5	0	185.19	38.6
182	N-48	150.5	0.15	185.42	34.9
187	N-49	152	0.15	185.67	33.6
188	N-50	154	0	185.69	31.6
197	N-51	148	0.15	185.17	37.1
198	N-52	146.5	0	185.19	38.6
202	N-53	143	0.15	184.64	41.6
203	N-54	141	0	184.66	43.6
207	N-55	142.5	0.15	184.6	42
208	N-56	140.5	0	184.62	44
212	N-57	142	0.15	184.56	42.5
213	N-58	140	0	184.58	44.5
223	N-59	141.5	0.15	184.54	43
224	N-60	140	0	184.56	44.5
228	N-61	141	0.15	184.52	43.4
229	N-62	139	0	184.54	45.5
233	N-63	140.5	0.15	184.51	43.9
234	N-64	139	0	184.53	45.4
238	N-65	140	0.15	184.51	44.4
239	N-66	138.5	0	184.53	45.9
249	N-67	140	0.15	184.51	44.4
250	N-68	138.5	0	184.53	45.9
254	N-69	141	0.15	184.55	43.5
255	N-70	139	0	184.57	45.5
265	N-71	139.5	0.15	184.55	45
266	N-72	138	0	184.57	46.5
270	N-73	139	0.15	184.56	45.5
271	N-74	137.5	0	184.58	47
278	N-75	139	0.15	184.56	45.5
279	N-76	137.5	0	184.58	47
283	N-77	139	0.15	184.58	45.5
284	N-78	137	0	184.6	47.5
288	N-79	140.5	0.15	184.67	44.1

289	N-80	141.5	0	184.69	43.1
296	N-81	143.5	0.15	184.7	41.1
297	N-82	143	0	184.72	41.6
304	N-83	147	0.15	184.77	37.7
305	N-84	146.5	0	184.79	38.2
309	N-85	145	0	185.12	40
315	N-86	139	0.15	184.64	45.5
316	N-87	139	0	184.65	45.6
323	N-88	143	0.15	184.83	41.7
324	N-89	145	0	184.85	39.8
328	N-90	149.5	0.15	184.8	35.2
329	N-91	147.5	0	184.82	37.2
333	N-92	150	0.15	185.94	35.9
334	N-93	151	0	185.96	34.9
338	N-94	148	0.15	185.48	37.4
339	N-95	149.5	0	185.5	35.9
367	N-96	147	0.15	185.19	38.1
368	N-97	148	0	185.21	37.1
372	N-98	146	0.15	185.17	39.1
374	N-99	145	0.15	185.17	40.1
376	N-100	145	0.15	185.17	40.1
378	N-101	145	0.15	185.23	40.1
379	N-102	147	0	185.25	38.2
383	N-103	148.5	0.15	185.42	36.9
473	N-104	158.5	0.15	186.55	28
474	N-105	158	0	186.57	28.5
478	N-106	158	0.15	186.17	28.1
479	N-107	161	0	186.19	25.1
483	N-108	162.5	0.15	186.17	23.6
484	N-109	163	0	186.19	23.1
488	N-110	166.5	0.15	186.16	19.6
489	N-111	166.5	0	186.18	19.6
493	N-112	169	0.15	186.15	17.1
494	N-113	169.5	0	186.17	16.6
498	N-114	172.5	0.15	186.15	13.6
499	N-115	172	0	186.17	14.1
503	N-116	172	0.15	186.14	14.1
504	N-117	173	0	186.16	13.1
508	N-118	171	0.15	186.14	15.1
509	N-119	173	0	186.16	13.1
513	N-120	171.5	0.15	186.14	14.6

514	N-121	173	0	186.16	13.1
518	N-122	171.5	0.15	186.12	14.6
519	N-123	172.8	0	186.14	13.3
523	N-124	171	0.15	186.12	15.1
524	N-125	172	0	186.14	14.1
531	N-126	171	0.15	186.12	15.1
532	N-127	172.9	0	186.14	13.2
536	N-128	165	0.15	186.13	21.1
537	N-129	164	0	186.15	22.1
541	N-130	165	0.15	186.14	21.1
542	N-131	162.5	0	186.16	23.6
546	N-132	164	0.15	186.15	22.1
547	N-133	163	0	186.17	23.1
551	N-134	165	0.15	186.17	21.1
552	N-135	163	0	186.19	23.1
556	N-136	165	0.15	186.19	21.1
557	N-137	163	0	186.21	23.2
561	N-138	165	0.15	186.2	21.2
562	N-139	163	0	186.22	23.2
569	N-140	177	0.15	191.19	14.2
570	N-141	177	0	191.21	14.2
574	N-142	177	0.15	192.22	15.2
575	N-143	178	0	192.24	14.2
579	N-144	176	0.15	193.44	17.4
580	N-145	177	0	193.46	16.4
584	N-146	175	0.15	194.68	19.6
585	N-147	177	0	194.7	17.7
589	N-148	176	0.15	196.87	20.8
591	N-149	173	0.15	195.33	22.3
592	N-150	173.2	0	195.35	22.1
596	N-151	169	0.15	194.64	25.6
597	N-152	169.5	0	194.66	25.1
601	N-153	166	0.15	193.98	27.9
602	N-154	166.5	0	194	27.4
606	N-155	162	0.15	192.8	30.7
608	N-156	161	0.15	190.77	29.7
609	N-157	159	0	190.79	31.7
616	N-158	160	0.15	189.65	29.6
617	N-159	158	0	189.67	31.6
621	N-160	159.5	0.15	188.58	29
622	N-161	158	0	188.6	30.5

629	N-162	160	0.15	187.71	27.7
630	N-163	158	0	187.73	29.7
634	N-164	160	0.15	186.85	26.8
635	N-165	158	0	186.87	28.8
639	N-166	159.5	0.15	186.3	26.7
640	N-167	157	0	186.32	29.3
644	N-168	141.5	0.15	185.42	43.8
645	N-169	143	0	185.44	42.4
649	N-170	143.5	0.15	185.42	41.8
650	N-171	144	0	185.44	41.4
654	N-172	146	0.15	185.42	39.3
655	N-173	146.5	0	185.44	38.9
662	N-174	149	0.15	185.42	36.3
663	N-175	149.5	0	185.44	35.9
667	N-176	152	0.15	185.41	33.3
668	N-177	151	0	185.43	34.4
672	N-178	155	0.15	186.3	31.2
674	N-179	156	0.15	186.85	30.8
676	N-180	156	0.15	187.71	31.6
680	N-181	156	0.15	189.27	33.2
682	N-182	145.5	0.15	185.57	40
683	N-183	143.5	0	185.59	42
687	N-184	146.5	0.15	185.51	38.9
688	N-185	144	0	185.53	41.4
692	N-186	146	0.15	185.46	39.4
693	N-187	144	0	185.48	41.4
697	N-188	147	0.15	185.44	38.4
698	N-189	144.5	0	185.46	40.9
702	N-190	151	0.15	185.87	34.8
703	N-191	153	0	185.89	32.8
707	N-192	151	0.15	186.01	34.9
708	N-193	153	0	186.03	33
712	N-194	152	0.15	186.13	34.1
713	N-195	153.5	0	186.15	32.6
717	N-196	151	0.15	185.41	34.3
718	N-197	152.5	0	185.43	32.9
776	N-198	142.5	0.15	185.44	42.8
778	N-199	142	0.15	185.46	43.4
780	N-200	143	0.15	185.51	42.4
782	N-201	142	0.15	185.57	43.5
784	N-202	142	0.15	185.62	43.5

785	N-203	143.5	0	185.64	42.1
789	N-204	145.5	0.15	185.65	40.1
790	N-205	145.5	0	185.67	40.1
794	N-206	148	0.15	185.71	37.6
795	N-207	148	0	185.73	37.6
799	N-208	149.5	0.15	185.78	36.2
800	N-209	152	0	185.8	33.7
804	N-210	139	0.15	184.64	45.5
806	N-211	139	0.15	184.6	45.5
808	N-212	138.5	0.15	184.54	45.9
810	N-213	137.5	0.15	184.52	46.9
812	N-214	137	0.15	184.51	47.4
814	N-215	137	0.15	184.51	47.4
816	N-216	136.5	0.15	184.55	48
818	N-217	136	0.15	184.55	48.5
820	N-218	136	0.15	184.56	48.5
822	N-219	135	0.15	184.58	49.5
824	N-220	147	0.15	184.83	37.7
826	N-221	145	0.15	184.71	39.6
827	N-222	143	0	184.73	41.6
831	N-223	134.5	0.15	184.61	50
832	N-224	136	0	184.63	48.5
836	N-225	138.5	0.15	184.64	46
838	N-226	142.5	0.15	184.67	42.1
839	N-227	141.5	0	184.69	43.1
1010	N-228	291	0	306.48	15.4
1012	N-229	291	0	306.48	15.4
1014	N-230	270	0.15	306.46	36.4
1016	N-231	284	0.15	306.46	22.4
1017	N-232	291	0	306.48	15.4
1021	N-233	262	0	306.25	44.2
1023	N-234	270	0.15	306.46	36.4
1024	N-235	291	0	306.48	15.4
1028	N-236	286	0.15	306.46	20.4
1030	N-237	270	0.15	306.43	36.4
1031	N-238	291	0	306.45	15.4
1035	N-239	284	0.15	306.4	22.4
1036	N-240	291	0	306.42	15.4
1040	N-241	270	0.15	306.38	36.3
1041	N-242	291	0	306.4	15.4
1045	N-243	282	0.15	306.36	24.3

1046	N-244	290	0	306.38	16.3
1050	N-245	269	0.15	306.34	37.3
1051	N-246	290	0	306.36	16.3
1055	N-247	280	0.15	306.33	26.3
1056	N-248	290	0	306.35	16.3
1060	N-249	284	0.15	306.31	22.3
1061	N-250	291	0	306.33	15.3
1065	N-251	266	0.15	306.27	40.2
1066	N-252	274	0	306.29	32.2
1070	N-253	276	0.15	306.27	30.2
1071	N-254	280	0	306.29	26.2
1075	N-255	262	0.15	306.25	44.2
1078	N-256	270	0	306.27	36.2
1082	N-257	262	0.15	306.24	44.2
1083	N-258	270	0	306.26	36.2
1087	N-259	268	0.15	306.24	38.2
1088	N-260	274	0	306.26	32.2
1092	N-261	270	0.15	306.23	36.2
1093	N-262	278	0	306.25	28.2
1097	N-263	264	0.15	306.23	42.1
1098	N-264	270	0	306.25	36.2
1102	N-265	260	0.15	306.23	46.1
1104	N-266	220	0	261.46	41.4
1106	N-267	230	0.15	261.43	31.4
1107	N-268	244	0	261.45	17.4
1111	N-269	230	0.15	261.43	31.4
1112	N-270	244	0	261.45	17.4
1116	N-271	236	0.15	261.43	25.4
1117	N-272	244	0	261.45	17.4
1121	N-273	232	0.15	261.44	29.4
1122	N-274	237	0	261.46	24.4
1126	N-275	220	0.15	261.44	41.4
1129	N-276	226	0	261.46	35.4
1133	N-277	217	0.15	261.44	44.4
1134	N-278	220	0	261.46	41.4
1139	N-279	218	0.15	261.44	43.4

ANEXO F

ANTECEDENTES PARA EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS AMBIENTALES

Tabla de Contenido

	Pag.
1 Normativa de Carácter general	2
2 Normativa Relativa al Componente Ambiental Aire	4
2.1 Calidad de Aire y Emisiones a la Atmosfera	4
2.2 Emisiones de Ruido	5
3 Normativas Relativa a los Residuos Líquidos y Sólidos	6
4 Otras Normativas Atingentes	9
5. Otros Antecedentes para Evaluar que el Proyecto o Actividad No Requiere Presentar un Estudio de Impacto Ambiental.	13
5.1 Artículos del Reglamento del SEIA	13
6. Permisos Ambientales Sectoriales	25

En este anexo se presentan las normas de carácter ambiental a cumplir, conforme a la Legislación de Carácter Ambiental Vigente. En primer lugar, se describe la normativa general y específica aplicable al Proyecto, incluyendo las normas de emisión y de calidad ambiental, concentrándose en la normativa asociada a la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y el uso y manejo de los recursos ambientales. En segundo lugar, se presenta el plan de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable.

1. NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL

Norma: D.S. 100/2005 Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Constitución Política del Estado.

Fecha de Publicación: 22 de Septiembre de 2005.

Ministerio: Secretaría General de la Presidencia

Materia: En su artículo 19 N° 8 asegura a todas las personas “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación”, agrega en el mismo inciso que “es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la protección de la naturaleza”. Este derecho trata de garantizar la existencia de un ambiente que presente niveles de contaminación que la ley ha definido como permisibles y que, en definitiva, deben ser soportados por todos los individuos.

Relación con el proyecto y cumplimiento: El proyecto se ajustará a las disposiciones constitucionales, ejerciendo los derechos y cumpliendo las obligaciones correlativas, como asimismo respetará las normas legales que regulan la actividad económica bajo evaluación ambiental.

Cumplimiento: El presente proyecto tiene plena correspondencia con lo afirmado en el párrafo anterior, en cuanto tiene por objeto asegurar el cumplimiento de las garantías constitucionales correspondientes.

Norma: Ley N° 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley N° 20.417.

Fecha de Publicación: 9 de Marzo 1994

Ministerio: Secretaría General de la Presidencia

Materia: Establece que el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la **naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental** se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia. (Artículo 1). Entre los instrumentos de gestión, establecido en el Título II de la Ley, figura el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Al respecto, el artículo 8 señala que los proyectos o actividades señalados en el artículo 10 sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental. El Artículo 10 por su parte, establece las actividades susceptibles de causar impacto ambiental y, por ende, que requieren ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Adicionalmente el artículo 11 de la Ley, establece los criterios para determinar si procede presentar un Estudio o una Declaración de Impacto Ambiental.

Relación con el proyecto: El proyecto se encuentra tipificado en la letra “o” del artículo 10 de la Ley (emisario submarino), por ende, el proyecto requiere ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Cumplimiento: El proyecto, conforme lo establece la Ley 19.300 en la letra (o) del artículo 10, ingresa al SEIA para ser evaluado ambientalmente. El análisis efectuado,

sobre la base de lo señalado en el Artículo 11 de la Ley 19.300, indica que el proyecto no genera ni presenta ninguna de los efectos, características o circunstancias contempladas en los incisos a), b) c), d), e), y f) del Artículo 11 y por lo tanto, el ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental corresponde hacerlo mediante la presentación de una Declaración de Impacto Ambiental.

Norma: D.S. 30 Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el art. 2 del D.S. N°95/2001.

Fecha de Publicación: 3 de Abril 1997

Ministerio: Ministerio Secretaría General de la Presidencia

Materia: Este Reglamento hace plenamente operativo el SEIA establecido en la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente. Establece las disposiciones por las cuales se regirá el SEIA y la Participación de la Comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. (Artículo 1) Clarifica conceptos como “Actividad industrial” y “operaciones habituales”, especifica, cuando y bajo que circunstancias, los proyectos o actividades contemplados en el artículo 10 de la Ley, tienen la obligación de someterse al SEIA. (Artículo 3) Aclara y desagrega los criterios del artículo 11 de la Ley para determinar la procedencia de los Estudios de Impacto Ambiental. (Artículo 5 al 11) Fija el procedimiento administrativo al que deberán ceñirse tanto las Declaraciones de Impacto Ambiental como los Estudios de Impacto Ambiental. (Artículo 17 al 22). Establece la lista de permisos considerados como ambientales sectoriales, los que de ser aplicables a algún proyecto, deberán ser incluidos en el documento correspondiente, ya sea un EIA o una DIA. (Artículo 65)

Relación con el proyecto: Las actividades del proyecto se consideran susceptibles de causar impacto ambiental, por cuanto se encuentran tipificadas en la letra (o) del artículo 3 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (emisario submarino), por ende, el proyecto requiere ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Cumplimiento: El proyecto, conforme lo establece el RSEIA, en el inciso (o) del artículo 3, ingresa al SEIA para ser evaluado ambientalmente. A priori, El análisis efectuado, sobre la base de lo señalado en los artículos 5, 6, 8, 9, 10 y 11, indica que el proyecto no genera ni presenta ninguno de los efectos, características o circunstancias contempladas en los incisos correspondientes y por lo tanto, el ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, debe realizarse mediante la presentación de una Declaración de Impacto Ambiental.

2. NORMATIVA RELATIVA AL COMPONENTE AMBIENTAL AIRE

2.1. Calidad del Aire y Emisiones a la Atmósfera

A continuación se hace referencia a la normativa chilena relacionada con la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Norma: Decreto Supremo N° 144. Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza

Fecha de Publicación: 2 de mayo de 1961

Ministerio: Salud

Materia: El artículo 1° del Decreto Supremo 144 expresa que "los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquier naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo, deberán captarse o eliminarse en forma tal que no causen daños o molestias al vecindario."

Relación con el Proyecto: Durante la etapa de construcción y operación se generarán emisiones atmosféricas producto de las actividades constructivas y operativas del proyecto.

Cumplimiento: El proyecto implementará una serie de medidas tendientes a controlar y minimizar las emisiones (etapa de construcción) entre las cuales se cuentan: transporte de materiales en camiones con carga cubierta, humectación de acopios, mantención de área limpia y ordenada y uso de vehículos y maquinaria en buen estado (revisiones técnicas al día), entre otros.

Norma: Art. 5.8.3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

Fecha de Publicación: 29 de Julio de 1998

Ministerio: Vivienda y Urbanismo

Materia: Establece medidas ambientales, con el objeto de mitigar el impacto de las emisiones de polvo y material para proyectos de construcción, reparación, modificación, alteración, reconstrucción o demolición. Las principales medidas indicadas corresponden a: 1) Regar el terreno en forma oportuna, y suficiente durante el período en que se realicen las faenas de demolición, relleno y excavaciones; 2) Transportar los materiales en camiones con la carga cubierta; 3) Mantener la obra aseada y sin desperdicios mediante la colocación de recipientes recolectores, convenientemente identificados y ubicados; 4) Evacuar los escombros desde los pisos altos mediante un sistema que contemple las precauciones necesarias para evitar las emanaciones de polvo y los ruidos molestos; 5) La instalación de tela en la fachada de la obra, total o parcialmente, u otros revestimientos, para minimizar la dispersión del polvo e impedir la caída del material hacia el exterior y 6) Hacer uso de procesos húmedos en caso de requerir faenas de molienda y mezcla.

Relación con el Proyecto: Durante la etapa de construcción se generarán emisiones atmosféricas de material particulado producto de las diversas obras y actividades asociadas al proyecto.

Cumplimiento: Se adoptarán las medidas señaladas, en los casos que corresponda, de acuerdo con las dimensiones y obras a ejecutar. En particular, se considera la humectación de áreas de trabajo y acopios, mantención de limpieza (instalación de recipientes para los desechos), cierre o delimitación del área de trabajo y uso de equipos con mantenciones al día.

Norma: Decreto Supremo N° 138. Establece obligación de declarar emisiones que indica.

Fecha de Publicación: 17 de Noviembre de 2005

Ministerio: Salud

Materia: Establece la obligación de entregar a la Secretaría Regional Ministerial de Salud competente del lugar en que se encuentran ubicadas, los antecedentes necesarios para estimar las emisiones de las fuentes fijas.

Relación con el Proyecto: La planta desalinizadora contará con un equipo electrógeno para la provisión de energía en caso de corte. Este equipo se encuentra tipificado como una fuente fija de acuerdo al artículo 2° del D.S. 138.

Cumplimiento: Una vez que entre en operación la planta desalinizadora, se deberá realizar mediciones y/o entregar la información necesaria para la estimaciones correspondientes, a la autoridad sanitaria. El generador eléctrico funciona esporádicamente.

2.2. Emisiones de Ruido

Norma: Decreto Supremo N° 146. Reglamento Sobre Niveles Máximos Permisibles de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas

Fecha de Publicación: 17 de abril de 1998

Ministerio: Secretaría General de la Presidencia

Materia: 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 y establece la competencia de la autoridad sanitaria para fiscalizar el cumplimiento del nivel de presión sonora fijado por las fuentes fijas.

Relación con el Proyecto: Durante la etapa de construcción se generarán ruidos producto de las actividades propias de esta fase (excavaciones, carga y descarga, etc.). Durante la etapa de operación, se generarán emisiones sonoras debido al funcionamiento de algunos equipos.

Cumplimiento: El proyecto, tanto en su etapa de construcción como operación, cumplirá con los límites establecidos. Se deberá realizar un estudio de evaluación acústica que incluya: 1) Identificación de sectores sensibles que pudiesen verse afectados por el proyecto; 2) Mediciones para establecer los niveles de ruido actuales (línea base de ruido) en los sectores sensibles identificados; 3) Estimación de los niveles de ruido generados por la construcción y operación de la planta desalinizadora (modelaciones) y 4) Evaluación de los impactos acústicos con referencia al D.S. 146/97 del MINSEGPRES.

3. NORMATIVA REFERIDA A LOS RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS

Norma: Decreto Supremo 90. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las descargas de residuos Líquidos a Aguas marinas y Continentales Superficiales

Fecha de Promulgación: 30 de mayo del 2000

Organismo: Ministerio Secretaría General de la República

Materia: Esta norma tiene como objetivo la protección ambiental para prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales chilenas, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.

Relación con el Proyecto: Del proceso de desalinización, se genera un efluente que corresponde a agua de mar concentrada (salmuera), el cual será vertido al mar.

Cumplimiento: La determinación de la Zona de Protección del Litoral, de acuerdo al levantamiento realizado y la metodología del D.S. 90 (MINSEGPRES) corresponde a 103 metros. A partir de este valor (ancho de la ZPL), las características de la descarga y lugar (salinidad, T°, corrientes, etc.), y la modelación por realizar (pluma), se determina que la descarga se debe realizar a una distancia de 200 metros, prácticamente el doble de longitud de la ZPL. En función a lo anterior y considerando que el efluente de descarga sólo corresponde a agua de mar concentrada, se cumplirá con los parámetros establecidos “límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral”.

Norma: Decreto Supremo N°1. Reglamento para el control de contaminación acuática

Fecha: 1992

Organismo: Ministerio de Defensa

Materia: Esta norma establece el Reglamento para el control de la Contaminación Acuática, regula vertimientos y establece obligación de vigilancia.

Relación con el Proyecto: Del proceso de desalinización, se genera un efluente que corresponde agua de mar concentrada (salmuera), el cual será vertido al mar.

Cumplimiento: Se deberá entregar información respecto a las características de la descarga y la modelación de la calidad del agua en su entorno.

Norma: DFL N° 725 Código Sanitario

Fecha de Publicación: 1968

Entidad: Ministerio de Salud

Materia: El Código Sanitario rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de la República, salvo aquellas sometidas a otras leyes. En materia de disposición de residuos, (Artículo 78 al 80), establece que corresponde al Servicio de Salud, autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquiera clase.

Relación con el proyecto: Durante las etapas de construcción y operación del proyecto, se generarán residuos.

Cumplimiento: Se solicitarán las autorizaciones correspondientes (almacenamiento, transporte y disposición) a la Seremi de Salud Regional para el manejo de todos sus residuos.

Norma: Decreto Supremo N° 594. Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo (modifica el D.S. N° 745/92).

Fecha de Publicación: 29 de Abril del 2000

Ministerio: Ministerio de Salud

Materia: En el artículo 19 se indica que “Las empresas que realicen el tratamiento o disposición final de sus residuos industriales fuera del predio, sea directamente o a través de la contratación de terceros, deberán contar con autorización sanitaria, previo al inicio de tales actividades”. Para obtener dicha autorización, la empresa que produce los residuos industriales deberá presentar los antecedentes que acrediten que tanto el transporte, el tratamiento, como la disposición final es realizada por personas o empresas debidamente autorizadas por el Servicio de Salud correspondiente. Por otra parte, en el art. 20, se solicita presentar los antecedentes de los residuos (cantidades, tipo) y en art. 42, se solicita mencionar la necesidad de contar con procedimientos y lugares apropiados para el almacenamiento.

Relación con el proyecto: En la etapa de construcción del proyecto se generarán residuos del tipo domiciliarios y desechos típicos de la construcción (restos de materiales y eventualmente envases o restos de embalajes). Durante la operación (mantención de la planta), se generarán residuos sólidos que corresponden a elementos filtrantes, membranas y aceites lubricantes, básicamente. Para ambas

etapas se considera el almacenamiento temporal de los residuos y su disposición final en lugares autorizados.

Cumplimiento: La empresa, previo al inicio de las actividades constructivas y operativas, solicitará los permisos correspondientes a la autoridad sanitaria para el almacenamiento, transporte y disposición final de sus residuos. Para ello, presentará los antecedentes correspondientes (tipo, cantidades, información de transportistas y lugares de disposición, entre otros). Además, los recintos estarán diseñados para los tipos de residuos a almacenar temporalmente y se contará con los antecedentes respecto al tipo de residuo (hoja de datos de seguridad para el caso de los peligrosos) y las acciones a desarrollar en caso de contingencias.

NORMA: D.S. 148/03 Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos.

Fecha: 12 de Junio de 2003

Organismo: Ministerio de Salud

Materia: El Reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

Relación con el Proyecto: El proyecto, tanto en su etapa de construcción como operación, generará residuos peligrosos (aceites lubricantes, paños con aceite o grasa y envases).

Cumplimiento: El proyecto ha considerado los siguientes aspectos y elementos para dar cumplimiento a la normativa: 1) Contar con un recinto exclusivo para el almacenamiento temporal. Este recinto tendrá las siguientes características principales: señalizado (NCh 2190 of.93), cerrado, techado, con control de derrames y contará con extintor; 2) Los residuos peligrosos serán puestos en recipientes debidamente rotulados de acuerdo a la NCh 2190 of.93; 3) Disposición en lugares y con empresas debidamente autorizadas (Hidronor Chile S.A u otra similar); 4) Solicitar las autorizaciones correspondientes (almacenamiento, transporte y disposición final) a la autoridad sanitaria y 5) Generación de la documentación correspondiente para cumplir con el sistema de declaración y seguimiento de residuos peligrosos (título VII del reglamento).

Norma: D.S. 298/95 Reglamenta transporte de carga peligrosa por calles y caminos (modificado por el decreto 198/2000).

Fecha de Publicación: 2005

Entidad: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones

Materia: Establece las condiciones, normas y procedimientos aplicables al transporte de carga, por calles y caminos, de sustancias o productos que por sus características, sean peligrosas o representen riesgos para la salud de las personas, para la seguridad pública o el medio ambiente.

Relación con el proyecto: Durante las etapas de construcción como operación, se transportaran sustancias peligrosas.

Cumplimiento: El transporte de sustancias peligrosas se realizará a través de empresas de terceros. Esta actividad la desarrollarán empresas externas autorizadas y se exigirá a los contratistas el pleno cumplimiento de las disposiciones de la normativa vigente y toda la documentación (permisos) correspondiente.

Norma: Resolución Exenta N° 133 Regulaciones Cuarentenarias para el ingreso de embalajes de madera.

Fecha de Publicación: 2005

Entidad: Servicio Agrícola y Ganadero

Materia: Establece disposiciones para el ingreso y tránsito de madera de embalaje extranjera en el país.

Relación con el proyecto: *Insumos e equipamiento embalados en cajones de madera provenientes del extranjero.*

Cumplimiento: En caso de recibir equipos embalados en madera (extranjera), se procederá de acuerdo a lo dispuesto en la resolución y se avisará a la autoridad correspondiente (SAG) para su inspección.

4. OTRAS NORMATIVAS ATINGENTES

Norma: Decreto Supremo N° 160/08, Aprueba Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos.

Fecha de Publicación: 07/07/2009

Ministerio: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

Materia: Establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones de combustibles líquidos derivados del petróleo y biocombustibles y las operaciones asociadas a la producción, transporte, almacenamiento, distribución y abastecimiento. Además, establece las obligaciones de las personas naturales y jurídicas que interviene en las actividades indicadas.

Relación con el Proyecto: El proyecto contempla el almacenamiento de petróleo diesel en estanque para el abastecimiento del grupo generador considerado en el proyecto.

Cumplimiento: El estanque de almacenamiento de combustible considerará en su diseño e instalación todas las exigencias de esta normativa. En particular, cumplirá

con las disposiciones asociadas a distancias, materiales, conexiones y sistemas de seguridad, entre otros. Adicionalmente, la instalación será debidamente registrada en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

Norma: D.F.L. N°1 Materia que Requieren Autorización Sanitaria Expresa.

Fecha de Publicación: 21/02/1990

Ministerio: Ministerio de Salud

Materia: Establece aquellas obras que requieren de autorización sanitaria expresa.

Relación con el Proyecto: El proyecto contempla la instalación de una planta para proveer de agua potable y de riego a ASGRALPA, comunidad de agricultores hidropónicos que a futuro se en los sectores de Alto la Portada. El proceso contempla básicamente la desalinización de agua de mar, la potabilización del agua y la descarga de agua concentrada (salmuera).

Cumplimiento: El proyecto será presentado a la Seremi de Salud regional para la obtención de las autorizaciones correspondientes.

Norma: Ley N°17.288 Sobre Monumentos Nacionales

Fecha de Publicación: 4 de Febrero de 1970

Ministerio: Ministerio de Educación

Materia: Define y declara bajo protección del Estado los Monumentos Nacionales. Además determina que su tuición y protección se ejercerá por medio del Consejo de Monumentos Nacionales, en la forma que determina la presente ley.

Relación con el Proyecto: La planta desalinizadora se instalará en un área donde potencialmente pueden existir vestigios arqueológicos, antropológicos u otros.

Cumplimiento: Se realizará un estudio que incluya una revisión de antecedentes bibliográficos y una prospección (visita a terreno), de tal manera de acreditar la existencia o no existencia de monumentos nacionales en el área de emplazamiento del proyecto.

Norma: D.S. 686/99. Establece Norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica.

Fecha de Publicación: 02 de Agosto de 1999

Ministerio: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

Materia: La presente norma tiene por objetivo prevenir la contaminación lumínica de los cielos nocturnos de la II, III y IV regiones, de manera de proteger la calidad astronómica de dichos cielos, mediante la regulación de la emisión lumínica.

Relación con el Proyecto: El proyecto se instalará en la comuna de Antofagasta, Región de Antofagasta (II Región).

Cumplimiento: Si bien el proyecto no contempla luminarias de gran emisión, todo sistema de iluminación que vaya a instalarse, tanto en la etapa de construcción como operación, considerará lo dispuesto en esta norma para dar estricto cumplimiento al D.S. N° 686/99.

Norma: Ley N°19.473 Ley de Caza

Fecha de Publicación: 27 de Septiembre de 1996

Ministerio: Ministerio de Agricultura

Materia: Establece las disposiciones aplicable a la caza, captura, crianza, conservación y utilización sustentable de animales de la fauna silvestre.

Relación con el Proyecto y cumplimiento: El proyecto no contempla, en ninguna de sus etapas (ni actividades), la caza, captura u otros de animales de la fauna silvestre.

Cumplimiento: Se informará a todos los trabajadores del proyecto, tanto para la etapa de construcción como operación, respecto a la prohibición de caza de cualquier animal de la fauna silvestre.

Norma: DS N°75 Regula las condiciones para el transporte de algunos tipos de cargas.

Fecha de Publicación: 1987

Entidad: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Materia: Establece condiciones para el transporte de cargas para aquellos materiales que pudiesen generar polvo. En particular, la norma contenida en el artículo 2° establece que “Los vehículos que transporten desperdicios, arena, ripio tierra u otros materiales, ya sean sólidos, o líquidos, que puedan escurrirse y caer al suelo estarán contruidos de forma que aquello no ocurra por causa alguna. En las zonas urbanas, el transporte de materiales que produzcan polvo, tales como escombros, cemento, yeso, etc. Deberá efectuarse siempre cubriendo total y eficazmente los materiales con lonas o plásticos de dimensiones adecuadas, u otro sistema, que impida su dispersión al aire”.

Relación con el proyecto: Durante la etapa construcción habrá traslado de materiales y eventualmente escombros u otros que podrían generar polvo.

Cumplimiento: Durante la etapa de construcción el titular del proyecto cumplirá las exigencias señaladas en la presente normativa, mediante la utilización de vehículos idóneos y la ejecución de acciones que eviten el escurrimiento o dispersión de los contaminantes, tales como cubrimiento con lonas de los materiales transportados.

Norma. DFL 850 Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la ley N°15.840 y del DFL N°206, sobre construcción y conservación de caminos.

Fecha de Publicación: 25 de Febrero de 1998

Entidad: Ministerio de obras Públicas

Materia: En su artículo 41, se señala, sobre uso de caminos públicos, que la Dirección de Vialidad podrá autorizar, en la forma y condiciones que ella determine, con cargo a sus respectivos propietarios, y previo pago de los derechos correspondientes, la colocación de cañerías de agua potable y de desagüe; las obras sanitarias; los canales de riego; las tuberías o ductos para la conducción de líquidos, gases o cables; las postaciones con alambrado telefónico, telegráfico o de transmisión de energía.

Relación con el proyecto: El ducto que impulsará el agua desalinizada hasta los terrenos de ASGRALPA deberá atravesar (de manera subterránea) la ruta **B-220**.

Cumplimiento: El titular del proyecto, ASGRALPA, presentará los antecedentes técnicos correspondientes a la Dirección de Vialidad de Antofagasta para solicitar el permiso por las obras indicadas.

5. OTROS ANTECEDENTES PARA EVALUAR QUE EL PROYECTO O ACTIVIDAD NO REQUIERE PRESENTAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

5.1. ARTÍCULOS DEL REGLAMENTO DEL SEIA

Según el artículo 4 del Reglamento "El titular de un Proyecto o actividad de los comprendidos en el artículo 3 de este Reglamento, o aquel que se acoja voluntariamente al SEIA, deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho Proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos siguientes de este Título, en cuyo caso deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental". A continuación, se analiza el proyecto de acuerdo a los artículos 5° al 11° del Reglamento (a excepción del artículo 7°) que son los que permiten definir si el Proyecto debe presentar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Artículo 5 El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera o presenta riesgos para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos que genera o produce. A objeto de evaluar el riesgo a que se refiere el inciso anterior, se considerará:

Letra a) Lo establecido en las normas primarias de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en el Estado que se señala en el artículo 7 del presente Reglamento.

R: Emisiones Atmosféricas En la etapa de construcción se generarán emisiones de material particulado y gases, propias de las actividades constructivas. Estas emisiones son temporales y poco significativas. *Se debe preparar un anexo, en el cual se adjunten los detalles de la estimación de emisiones incluyendo las medidas de control y mitigación para minimizar las emisiones.* Respecto al ruido que generará el proyecto, *se debe proceder a realizar un estudio acústico* que incluya: identificación de sectores que pudiesen verse afectados por la construcción y operación de la Planta, medición de los niveles basales de ruido y una modelación de los niveles de ruido proyectados. A partir de lo anterior, verificar si se cumple con la normativa vigente (D.S.146/97 del MINSEGPRES). **Efluentes líquidos.** En la etapa de construcción, los efluentes serán del tipo doméstico (aguas servidas) para lo cual se habilitarán baños químicos de acuerdo con lo establecido en el D.S. 594/99 (MINDSAL). La limpieza y mantención de los baños (retiro de los efluentes) será realizada por una empresa especializada y que cuente con las autorizaciones correspondientes (otorgadas por la Autoridad Sanitaria). En la etapa de operación, el efluente corresponde a agua de mar concentrada (salmuera), cuya descarga se realizará en el mar, fuera de la Zona de protección del Litoral (ZPL) y cumpliendo con el D.S. 90/2000 (Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las descargas de residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales).

Detallar la determinación de la ZPL y se debe entregar una modelación de la dilución de la salinidad para verificar el cumplimiento de normas referenciales.

Letra b) La composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de las emisiones a la atmósfera.

R: Emisiones Atmosféricas Tal como se señaló anteriormente, las emisiones atmosféricas en la etapa de construcción son poco significativas y temporales, y su generación no tiene incidencia en el cumplimiento de las normas de primarias. De la misma forma, las emisiones de la etapa de operación tampoco son significativas, asimismo su aporte no influye en el cumplimiento de las normas primarias. Evaluar y/o determinar las emisiones y los modelaciones de dispersión de contaminantes, respectivamente. Respecto a las emisiones acústicas, llevar a cabo un estudio en cual se estimen estas emisiones. **Efluentes líquidos.** Durante la etapa de operación de la planta desalinizadora, se generará un efluente líquido que se descargará al mar. Este efluente, cuyo caudal estimado es 30 L/s (aprox.), sólo corresponde a agua de mar concentrada (sustancia no peligrosa) y su descarga se realizará a 200 metros de la orilla (nivel de más baja marea) para no afectar la zona de protección del litoral (ZPL). Lo anterior, se válida mediante los antecedentes especificados que se anexaran una vez realizado el estudio. Sin embargo, el efluente cumplirá con el D.S. 90/2000 (Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las descargas de residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales, tabla N°5, límites máximos de concentración para descarga a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral). Durante la etapa de construcción, el proyecto contará con baños químicos (para las aguas servidas) cuyo servicio (provisión, mantención y limpieza) lo realizará una empresa debidamente autorizada (por la Autoridad Sanitaria) y a través de, se evitará cualquier efecto asociado a la composición, peligrosidad y concentración de este efluente.

Letra c) La frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.

R: Emisiones Atmosféricas Las emisiones de material particulado y gases se producirán tanto en la etapa de construcción como operación. En la etapa de construcción, las emisiones se circunscriben a meses (lo que dure la etapa) y en la operación serán esporádicas, solo en aquel caso de corte de energía eléctrica y comience a operar el generador. Respecto a las emisiones acústicas, éstas están asociadas al funcionamiento de equipos. Los niveles de emisión proyectados sobre los receptores más cercanos, no deben sobrepasar los niveles establecidos por la normativa (D.S.146/97 del MINSEGPRES). **Efluentes Líquidos** Para la etapa de construcción, los efluentes corresponden sólo a las aguas servidas de los baños químicos. Estos efluentes serán manejados a través de una empresa debidamente autorizada (por la Autoridad Sanitaria). Para la etapa de operación, la generación de agua concentrada (salmuera) será constante y su descarga se realizará a 200 metros de la orilla. El efluente se diluirá en el mar y no debiera tener incidencia en la ZPL.

Letra d) La composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos.

R: En la Etapa de Construcción, el proyecto generará los siguientes residuos:

- No peligrosos. Restos de materiales (fierro, madera y restos de embalajes, entre otros) y escombros. Estos corresponden a desechos típicos de la construcción.
- Peligrosos. Envases vacíos de pintura u otros, guaípe y paños sucios (con aceite y grasas).
- Basura. Se considera 0,5 kg/trabajador y corresponden a desechos del tipo domésticos (no peligrosos). Todos los residuos generados en la fase de construcción serán almacenados, manejados y dispuestos según la normativa vigente. En particular los residuos no peligrosos serán almacenados temporalmente en contenedores y serán dispuestos en lugares autorizados. Para los residuos peligrosos, el almacenamiento se realizará en un recipiente (o contenedor) independiente y debidamente señalizado, dentro de un sector exclusivo. Estos residuos serán dispuestos por una empresa autorizada tal como Hidronor Chile S.A. u otra similar.

Letra e) La frecuencia, duración y lugar del manejo de residuos sólidos.

R. En la etapa de construcción los residuos no peligrosos (del tipo doméstico y restos de materiales) se producirán diariamente y se acumularán en contenedores (portátiles) para su posterior envío a un lugar de disposición final autorizados. Los residuos peligrosos (envases y guaípe) se generan de manera más puntual y serán acumulados en un contenedor especial debidamente señalizado, ubicado en recinto cerrado y exclusivo. En la etapa de operación, los residuos no peligrosos se generaran de manera puntual, los filtros una vez al mes y las membranas cada 5 ó 6 años. Estos residuos serán acumulados (en el caso de que no fuesen retirados inmediatamente) en un contenedor el cual se ubicará en un lugar específico dentro de la planta, debidamente señalizado. Los residuos peligrosos (aceite residual) también se generaran de manera puntual (una vez cada 45 días aprox. durante las mantenciones) y en caso de no retirarse inmediatamente de la planta, serán almacenados temporalmente en un contenedor dentro de un recinto exclusivo, cerrado (con control de derrame) y debidamente señalizado. Todos los residuos serán dispuestos en lugares autorizados, los no peligrosos en vertederos, rellenos sanitarios u otros, y los peligrosos a través de empresas autorizadas como Hidronor Chile S.A.

Letra f) La diferencia entre los niveles estimados de ruido emitido por el Proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde exista población humana permanente.

R: Las actividades de construcción generaran ruido de manera transitoria, sin embargo, los niveles proyectados (de ruido) sobre los receptores más cercanos, que

fluctúan entre 35 y 50 dBA, no incidirán en el ruido basal determinado y se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa vigente. En la etapa de operación, los niveles de ruido esperado no superaran los 38 dBA y por tanto, cumplen con la normativa vigente y no afectan los niveles de ruido basal en los lugares donde se ubican los receptores más cercanos.

Letra g) Las formas de energía, radiación y vibraciones generadas por el Proyecto o actividad.

R: El Proyecto no genera formas de radiación o vibración. Sólo se contempla la generación esporádica de energía eléctrica a través de un generador (en base a petróleo diesel) cuyo uso no tiene efectos sobre la salud de las personas.

Letra h) Los efectos de la combinación o interacción conocida de los contaminantes emitidos o generados por el Proyecto o actividad.

R: El proyecto no producirá contaminantes que puedan generar efectos adversos por la combinación y/o interacción de ellos. Los residuos serán manejados en contenedores diferenciados y serán dispuestos en lugares debidamente autorizados y su combinación o interacción no generará efectos adversos entre ellos o en el lugar de disposición final. El efluente líquido (salmuera) corresponde a agua de mar concentrada y su descarga ha sido definida para no afectar en forma adversa la ZPL, de modo que no generará combinación o interacción que pueda causar algún efecto adverso. Por último, las emisiones atmosféricas se dispersaran en la atmósfera sin generar efectos adversos debido a su combinación o interacción que puedan afectar la salud de la población.

Artículo 6 El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua, aire. A objeto de evaluar los efectos adversos significativos a que se refiere el inciso anterior, se considera:

Letra a) Lo establecido en las normas secundarias de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en el Estado que se señala en el artículo 7 del presente Reglamento.

R: Emisiones Atmosféricas. Las emisiones de la etapa de construcción serán transitorias y poco significativas y su aporte a la calidad de aire es marginal, tal como se acredita a través de las estimaciones y modelaciones adjuntas en anexos N° 7 y 8. No obstante lo anterior, el proyecto contempla implementar medidas de control y mitigación para minimizar sus emisiones en la etapa de construcción, cuyo detalle se entrega en el capítulo 2.11.1. Durante la etapa de operación, las emisiones del proyecto corresponden al grupo generador, las cuales son esporádicas, se producen solo en caso de haber corte de electricidad. Respecto a las emisiones de vehículos y

maquinaria, se exigirá el certificado de emisiones para acreditar el cumplimiento de las normas de emisión vigentes. **Efluentes Líquidos.** Durante la etapa de construcción, sólo se generan aguas servidas (baños químicos), las cuales serán manejadas a través de empresas autorizadas y no se generaran descargas en el área del proyecto. En la etapa de operación, el proyecto generará un efluente que corresponde a agua de mar concentrada (salmuera), cuya descarga se realizará en el mar fuera de la Zona de protección del Litoral (ZPL). La descarga cumplirá con los límites establecidos en el D.S. 90/2000 (Norma de Emisión para la Regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales). Se realizara modelación de la dilución de la salinidad para verificar el cumplimiento de normas referenciales.

Letra b) La composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de las emisiones a la atmósfera.

R: Emisiones Atmosféricas Las emisiones atmosféricas en la etapa de construcción son poco significativas y temporales. Para la etapa de operación, las emisiones atmosféricas están asociadas al funcionamiento del grupo generador cuya operación es esporádica solo en caso de corte de electricidad. **Efluentes Líquidos** En la operación, los efluentes líquidos del proyecto corresponden a aguas concentradas de mar (30 L/s, aproximadamente) y no constituyen una sustancia peligrosa. La descarga ha sido diseñada para no afectar a la ZPL. Adicionalmente, se realizarán monitoreos para controlar la descarga. Para la etapa de construcción, las aguas servidas (baños químicos) serán manejadas a través de empresas autorizadas y no se generarán descargas en el área del proyecto.

Letra c) La frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.

R: Emisiones atmosféricas Las emisiones de material particulado y gases se producirán diariamente, producto de las actividades constructivas, aunque no homogéneamente (depende de la actividad en desarrollo). Estas emisiones sólo se circunscribirán al periodo de construcción) y para controlarlas y minimizarlas, se adoptaran una serie de medidas descritas anteriormente (humectación, uso de maquinaria con revisión técnica al día, cubierta de acopio entre otros). Para la etapa de operación, las emisiones son esporádicas, mientras funcione el grupo generador. **Efluentes líquidos** El efluente a descargar corresponde a agua de mar concentrada y su descarga será permanente mientras opere la planta desalinizadora. El lugar de descarga será a 200 metros de la orilla del mar, punto definido de acuerdo a estudio adjunto en Anexo B para asegura la no afectación de la Zona de Protección del Litoral. Para la etapa de construcción, los efluentes corresponden sólo a las aguas servidas de los baños químicos. Estos efluentes serán manejados a través de una empresa debidamente autorizada (por la Autoridad Sanitaria).

Letra d) La composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos.

R: En la Etapa de Construcción, el proyecto generará los siguientes residuos:

- No peligrosos. restos de materiales (fierro, madera y restos de embalajes, entre otros) y escombros.
- Peligrosos. corresponde a envases vacíos de pintura u otros), guaípe y paños sucios (con aceite y grasas).
- Basura. Se considera 0,5 kg/trabajador y corresponden a desechos del tipo domésticos (no peligrosos).

Todos los residuos generados en la fase de construcción serán almacenados, manejados y dispuestos según la normativa vigente. En particular los residuos no peligrosos serán almacenados temporalmente en contenedores y serán dispuestos en lugares autorizados. Para los residuos peligrosos, el almacenamiento se realizará en un recipiente (o contenedor) independiente y debidamente señalizado, dentro de un sector exclusivo. Estos residuos serán dispuestos en una empresa autorizada tal como Hidronor Chile S.A. u otra similar.

Letra e) La frecuencia, duración y lugar del manejo de residuos sólidos.

R: En la etapa de construcción los residuos no peligrosos (del tipo doméstico y restos de materiales) se producirán diariamente y se acumularán en contenedores (portátiles) para su posterior envío a un lugar de disposición final autorizado. Los residuos peligrosos (envases y guaípe) serán acumulados en un contenedor especial debidamente señalizado, ubicado en recinto cerrado y exclusivo. En la etapa de operación, los residuos no peligrosos se generaran de manera puntual, los filtros una vez al mes y las membranas cada 5 ó 6 años. Estos residuos serán acumulados (en el caso de que no fuesen retirados inmediatamente) en un contenedor el cual se ubicará en un lugar específico dentro de la planta, debidamente señalizado. Los residuos peligrosos (aceite residual) también se generaran de manera puntual (una vez cada 45 días aprox. durante las mantenciones) y en caso de no retirarse inmediatamente de la planta, serán almacenados temporalmente en un contenedor dentro de un recinto exclusivo, cerrado (con control de derrame) y debidamente señalizado. Todos los residuos serán dispuestos en lugares autorizados, los no peligrosos en vertederos, rellenos sanitarios u otros, y los peligrosos a través de empresas autorizadas como Hidronor Chile S.A.

Letra f) La diferencia entre los niveles estimados de ruido emitido por el Proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa asociada a hábitat de relevancia para su modificación, reproducción o alimentación.

R: No existe en el área del proyecto, fauna nativa asociada a hábitat de relevancia.

Letra g) Las formas de energía, radiación o vibraciones generadas por el Proyecto o actividad.

R: No aplica al presente Proyecto; este no genera formas de radiación o vibración

Letra h) Los efectos de la combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos y/o generados por el Proyecto o actividad.

R: No se generan combinación o interacción de contaminantes que puedan afectar la calidad de los recursos naturales renovables. Por una parte, los residuos sólidos serán manejados en contenedores diferenciados y dispuestos en lugares debidamente autorizados, por tanto su combinación o interacción no generará efectos adversos entre ellos o en el lugar de disposición final. El efluente líquido (salmuera) corresponde a agua de mar concentrada y su descarga ha sido definida para no afectar la ZPL, de modo que no generará combinación o interacción que pueda causar algún efecto adverso.

Letra i) La relación entre las emisiones de los contaminantes generados por el Proyecto o actividad y la calidad ambiental de los recursos naturales renovables.

R: El Proyecto no afecta la calidad ambiental de los recursos naturales renovables. La descarga de aguas concentrada de mar (salmuera) ha sido determinada para no afectar la ZPL, de acuerdo a lo especificado en informes adjuntos en anexo N°6.

Letra j) La capacidad de dilución, dispersión, autodepuración, asimilación y regeneración de los recursos naturales renovables presentes en el área de influencia del Proyecto o actividad.

R: Tal como se indicó anteriormente, se ha determinado un punto de descarga que permite asegurar la dilución del agua concentrada para proteger la ZPL y cumplir con las normas referenciales indicadas en documentos adjuntos en anexo N°6.

Letra k) La cantidad y superficie de vegetación nativa intervenida y/o explotada.

R: No aplica, no existe intervención o explotación de vegetación nativa.

Letra l) La forma de intervención y/o explotación de vegetación nativa.

R: No aplica, no existe intervención o explotación de vegetación nativa.

Letra m) La extracción, explotación, alteración o manejo de especies de flora y fauna se encuentren en alguna de las siguientes categorías de conservación: en peligro de extinción, vulnerable, rara e insuficientemente conocida.

R: El proyecto no contempla la extracción, explotación, alteración o manejo de especies de flora y fauna que se encuentren en las categorías mencionadas anteriormente.

Letra n) El volumen, caudal y/o superficie, según corresponda, de recursos hídricos a intervenir y/o explotar en: n.1) Vegas y/o bofedales ubicados en las Regiones I y II, que pudieran ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas; n.2) Áreas o zonas de humedales que pudieran ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas o superficiales; n.3) Cuerpos de aguas subterráneas que contienen aguas milenarias y/o fósiles; n.4) Una cuenca o subcuenca hidrográfica transvasada a otra y n.5) Lagos o lagunas en que se generen fluctuaciones de niveles.

R: El Proyecto no considera intervención de recursos hídricos definidos en la letra n.

Letra ñ) La introducción al territorio nacional de alguna especie de flora o de fauna, u organismos modificados genéticamente, o mediante otras técnicas similares en consideración a: ñ1) La existencia de dicha especie u organismo en el territorio nacional; y ñ2) Las alteraciones que su presencia pueda generar sobre otros elementos naturales y/o artificiales del medio ambiente.

R: El proyecto no contempla, en ninguna de sus etapas o actividades, la introducción de especie alguna de flora, fauna u organismo genéticamente modificado.

Letra o) La superficie de suelo susceptible de perderse o degradarse por erosión, compactación o contaminación.

R: El suelo en el área de proyecto no presenta valor productivo o de capacidad de uso productivo alguno.

Letra p) La diversidad biológica presente en el área de influencia del Proyecto o actividad, y su capacidad de regeneración.

R: Se debe realizar un estudio biótico para verificar que el proyecto no afectará la diversidad biológica presente en el área de influencia.

Artículo 8 El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos. A objeto de evaluar si el Proyecto o actividad genera reasentamiento de comunidades humanas, se considerará el desplazamiento y reubicación de personas que habitan en el lugar de emplazamiento del Proyecto o actividad, incluidas sus obras y/o acciones asociadas. Asimismo, a objeto de evaluar si el Proyecto o actividad, incluidas sus obras y/o acciones asociadas, en cualquiera de sus etapas, genera alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, se considerarán:

Letra a) Los índices de población total; de distribución urbana rural; de población económicamente activa; de distribución según rama de actividad económica; y/o de distribución por edades y sexo.

R: **Respecto de los índices de población total:** El área del proyecto se encuentra alejada de sectores poblados y corresponde a un área bastante aislada, por tanto no se generará desplazamiento o reasentamiento alguno. **Respecto de la distribución urbana - rural:** No se afecta, por cuanto en el área de proyecto (inmediatamente aledaña) no existe población residente. **Respecto de la población económicamente activa:** No existen efectos negativos y la planta desalinizadora, en sí misma, no generará efectos desfavorables. **Respecto de la distribución por edades y sexo:** No se modifica dado que no hay población en el emplazamiento.

Letra b) La realización de ceremonias religiosas u otras manifestaciones propias de la cultura o del folklore del pueblo, comunidad o grupo humano.

R: Dado que no se realizan este tipo de ceremonias o manifestaciones en el área de proyecto, éste no afectará la realización de expresiones culturales o folclóricas de ningún tipo.

Letra c) La presencia de formas asociativas en el sistema productivo; o el acceso de la población, comunidades o grupos humanos a recursos naturales.

R: El proyecto no afectará ni interferirá con sistemas productivos o acceso a recursos naturales por parte de la población. El área en particular no corresponde a una de extracción de recursos y tampoco hay zonas de manejo vigentes en el sector del proyecto.

Letra d) El acceso de la población, comunidades o grupos humanos a los servicios y equipamiento básicos.

R: El proyecto no afecta el acceso de población, comunidades o grupos humanos a los servicios y equipamientos básicos; por el contrario, el proyecto permitirá ampliar la oferta y disponibilidad de servicios y equipamientos (la planta desalinizadora permitirá la instalación de un complejo hidropónico).

Letra e) La presencia de población, comunidades o grupos humanos protegidos por leyes especiales.

R: No existe población, comunidades o grupos protegidos por leyes especiales en el área del proyecto.

Artículo 9 El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad, incluidas sus obras o acciones asociadas, en cualquiera de sus etapas, se localiza

próximo a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar. A objeto de evaluar si el proyecto o actividad se localiza próximo a población, recursos o áreas protegidas susceptibles de ser afectados, se considerará:

Letra a) La magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del proyecto o actividad en o alrededor de áreas donde habite población protegida por leyes especiales.

R: El Proyecto no se localiza próximo a ninguna área donde habite población protegida por leyes especiales. La planta desalinizadora se ubica en un sector bastante aislado.

Letra b) La magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del proyecto o actividad en o alrededor de áreas donde existen recursos protegidos en forma oficial;

R. En el área de emplazamiento del proyecto, no se identifican recursos protegidos en forma oficial que puedan ser afectados por el proyecto.

Letra c) la magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del proyecto o actividad en o alrededor de áreas protegidas o colocadas bajo protección oficial.

R: El Proyecto no se localiza próximo a ningún área protegida o similar. Es más, de acuerdo a la información recopilada en el sector no existen concesiones ni áreas de manejo vigentes.

Artículo 10 El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera o presenta alteración significativa, en términos de magnitud y duración, del valor paisajístico o turístico de una zona. A objeto de evaluar si el Proyecto o actividad, incluidas sus obras y/o acciones asociadas, en cualquiera de sus etapas, genera o presenta alteración significativa, en términos de magnitud y duración, del valor paisajístico o turístico de una zona, se considerará:

Letra a) La intervención o emplazamiento del Proyecto o actividad en zonas con valor paisajístico y/o turístico.

R: La planta desalinizadora no afectará el área desde un punto de vista paisajístico en consideración a su ubicación, tamaño y características constructivas.

Letra b) La duración o la magnitud en que se obstruye la visibilidad a zonas con valor paisajístico.

R: Aplica la respuesta anterior.

Letra c) La duración y la magnitud en que se alteren recursos o elementos del medio ambiente de las zonas con valor paisajístico o turístico.

R: Aplican las respuesta anteriores.

Letra d) La duración o la magnitud en que se obstruye el acceso a los recursos o elementos del medio ambiente de las zonas con valor paisajístico o turístico.

R: Aplican las anteriores.

Letra e) La intervención o emplazamiento del Proyecto o actividad en un área declarada zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto Ley N°1.224 de 1975.

R: El emplazamiento del proyecto no se encuentra en un área declarada zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto N°1.224 de 1975.

Artículo 11 El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural. A objeto de evaluar si el Proyecto o actividad, incluidas sus obras y/o acciones asociadas, en cualquiera de sus etapas, genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural, se considerará:

Letra a) La localización en o alrededor de algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley 17.288.

R: De acuerdo a la prospección arqueológica en el área del proyecto y al análisis bibliográfico. No existen monumentos nacionales de aquellos definidos por la ley 17.288. Se debe realizar un estudio arqueológico para verificar lo dicho.

Letra b) La remoción, destrucción, excavación, traslado, deterioro o modificación de algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley 17.288.

R: De acuerdo a lo indicado no se identificaron sitios con monumentos nacionales. No obstante lo anterior, si en la etapa de construcción, se llegase a apreciar u identificar algún elemento o vestigio de tipo arqueológico, se paralizará la actividad y se contactará a un especialista para que analice la situación y proceda de acuerdo a lo establecido en las normas vigentes.

Letra c) La modificación, deterioro o localización en construcciones, lugares o sitios que por sus características constructivas, por su antigüedad, por su valor científico, por su contexto histórico o por su singularidad, pertenecen al patrimonio cultural.

R: En el área donde se localizará el proyecto no se identifican lugares o sitios que por sus características constructivas, por su antigüedad, por su valor científico, por su contexto histórico o por su singularidad, pertenezcan al patrimonio cultural de la zona.

Letra d) La localización en lugares o sitios donde se lleven a cabo manifestaciones propias de la cultura o folklore de algún pueblo, comunidad o grupo humano.

R: El proyecto no se emplazará en lugares o sitios donde se lleven a cabo manifestaciones de comunidades o grupo humanos especiales.

ANÁLISIS DE LA LETRA D), ARTÍCULO 11 DE LA LEY DE BASES (MODIFICADA POR LA LEY 20.417).

La Ley 20.417 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, modificó la letra d) del Artículo 11 de la Ley 19.300. Esta letra quedó como sigue: *d) Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.* Respecto a esta modificación, se señala que el proyecto no se localiza próximo a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares susceptibles de ser afectadas.

En conclusión, puesto que el Proyecto “Planta Desalinizadora Hornitos” que se presenta a evaluación no produce ninguno de los efectos, características o circunstancias mencionados en el artículo 11 de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, desarrollados en los artículos 5, 6, 8, 9, 10 y 11 del Título II del Reglamento del SEIA, y en la letra d) del artículo 11 que fue modificada por la ley 20.417, se presenta bajo la modalidad de Declaración de Impacto Ambiental (DIA), todo ello de conformidad a lo indicado en el artículo 4 del mencionado Reglamento y el artículo 11 de la ley modificado.

6. PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES

De acuerdo a lo indicado en el Título VII del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en este capítulo se identifican los permisos ambientales sectoriales aplicables al proyecto, los requisitos para su otorgamiento, y los contenidos técnicos y formales para acreditar su cumplimiento.

Artículo 73.- En el permiso para introducir o descargar en aguas sometidas a la jurisdicción nacional, materias, energía o sustancias nocivas o peligrosas de cualquier especie, que no ocasionen daños o perjuicios en las aguas, la flora o la fauna, a que se refiere el artículo 140 del D.S. 1/92 del Ministerio de Defensa Nacional, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en el presente artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para evitar causar daños o perjuicios en la flora o la fauna, las aguas de mar, puertos, ríos y lagos sometidos a la jurisdicción nacional, en consideración a, según corresponda:

a) La ubicación del lugar donde serán evacuados los efluentes.

R. La salmuera (agua de mar concentrada) será descargada al mar a través de un ducto de 200 metros de longitud fuera de la Zona de Protección Litoral (ZPL). Las coordenadas específicas serían 367 863 E y 7 467 602 S (Huso 19, Datum WGS 84).

b) El tipo del caudal, caracterización y tratamiento del efluente que se evacuará.

R. El caudal a evacuar será continuo durante la operación de la planta y alcanzará un máximo de 2600 m³/día (aproximadamente). El agua de descarte corresponde a agua de mar concentrada y no será tratada para su descarga.

c) Las disposiciones contenidas en el anexo III del “Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación de Fuentes Terrestres y sus Anexos I, II, y III de 1983”, promulgado por D.S. 295/86 del Ministerio de Relaciones Exteriores, incluyendo los estudios previos de las características del lugar de descarga, según se estipula en las secciones A, B, C, D y E de dicho anexo.

d) Lo establecido en el Título IV del “Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática”, promulgado por D.S. 1/92 del Ministerio de Defensa Nacional.

R (c y d). En anexo B, se adjunta los antecedentes referentes a la descargas de aguas de mar concentrada. Específicamente se incluyeron mediciones y análisis respecto a:

corrientes, dilución, columna de agua, ecología bentónica, avistamiento de fauna marina y perfiles batimétricos entre otros y ii) Determinación de la Zonal de Protección (ZPL) de acuerdo a disposiciones normativas vigentes.

Artículo 90.- En el permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros, a que se refiere el artículo 71 letra b) del D.F.L. 725/67, Código Sanitario, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en el presente artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

a) Caracterización físico-químico y microbiológica correspondiente al residuo industrial de que se trate.

R. Como se ha indicado anteriormente, las características del agua a descargar son iguales a las de agua de mar con la sola diferencia referente a la concentración de sales, cuyo detalle se aprecia en documento adjunto en anexo B (Consideraciones Diseño de Ducto).

b) La cuantificación del caudal a tratar, evacuar o disponer.

R. El caudal es de 2600 m³/día aproximadamente.

c) Tipo de tratamiento de los residuos industriales y mineros.

R. Dado que se devolverá agua de mar, no se realiza ningún tipo de tratamiento.

d) La evacuación y disposición final de los residuos industriales y mineros, considerando, entre otros, los olores.

R. Los residuos (agua de mar concentrada) serán evacuado a través de un ducto de 200 metros de longitud y en virtud de sus características y escaso tiempo de residencia antes de su disposición, no existirán problemas de olores.

e) El efecto esperado de la descarga sobre el cuerpo o curso receptor, identificando los usos actuales y previstos de dicho receptor.

R. Se ha diseñado el ducto en función a las características de la zona y la dilución (de la salinidad) para no afectar la Zona de Protección del Litoral. De acuerdo a la información recopilada y registrada en el documento "Línea Base Ambiental en Medio Marino" adjunto en Anexo B, en el área no existen áreas de manejo vigente o en trámite.

f) La identificación de existencia de lodos, su cantidad y su caracterización físico-químico y microbiológica.

R. La planta desalinizadora no generará lodos.

g) Las características del tratamiento, disposición o evacuación de los lodos.

R. De acuerdo a la respuesta anterior, la letra g) no aplica.

Artículo 93.- En los permisos para la construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase, a que se refieren los artículos 79 y 80 del D.F.L. N° 725/67, Código Sanitario, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en el presente artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

a) Aspectos Generales:

a.1. Definición del tipo de tratamiento.

R. Tanto en la etapa de construcción como operación, el proyecto generará residuos. Estos residuos no serán tratados, sólo se almacenarán temporalmente.

a.2. Localización y características del terreno.

R. El proyecto se emplaza dentro de un área urbana de la comuna de Antofagasta. El terreno donde se ubicará la planta se encuentra despejado y corresponde a un terreno llano y desértico.

a.3. Caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos.

R.

a.4. Obras civiles proyectadas y existentes. En la etapa de Construcción, para los residuos no peligrosos y basura, se contará con contenedores diferenciados, que se ubicarán en un lugar específico dentro del recinto (instalación de faena) debidamente señalizado y delimitado. Para los residuos peligrosos se contará con un recinto especial (señalizado, restringido y con control de derrame) donde se ubique el contenedor correspondiente. Para la etapa de operación, los residuos peligrosos se ubicarán en un lugar específico (techado y con radier) debidamente delimitado y

señalizado. En este lugar se instalará el contenedor correspondiente. Para los residuos peligrosos, se contará con un pequeño lugar de almacenamiento temporal (mini bodega) debidamente cerrada con radier, techado y control de derrame, donde se ubicará un contenedor. Este último recinto estará provisto con la señalética correspondiente y contará con un extintor.

a.5. Vientos predominantes.

R. No aplica. Los residuos estarán insertos dentro de contenedores.

a.6. Formas de control y manejo de material particulado, de las emisiones gaseosas, de las partículas de los caminos de acceso e internos que se pretenda implementar, y de olores, ruidos, emisiones líquidas y vectores.

R. Los residuos, tanto en la etapa de operación como construcción estarán almacenados en contenedores. En la etapa de construcción, para minimizar las emisiones se tomarán diversas medidas tales como humectación de áreas, transporte con carga cubierta, uso de vehículos con revisión técnica al día y limpieza permanente de áreas entre otras. Por otro lado, las emisiones acústicas cumplirán con la normativa. Además, se tendrá sistema de control de vectores sanitarios a través de una empresa debidamente autorizada y se mantendrá los lugares de trabajo en buenas condiciones de orden y limpieza para evitar la entrada o para eliminar la presencia de vectores sanitarios, según lo establece el art. 11 del D.S. N° 594 de 1999, modificado por D.S. N° 201 de 2001, ambos del MINSAL.

a.7. Características hidrológicas e hidrogeológicas.

R. No aplica dado que los residuos estarán insertos dentro de contenedores. El proyecto sólo almacenará temporalmente los residuos y su disposición final se realizará en recintos autorizados (externos).

a.8. Planes de prevención de riesgos y planes de control de accidentes, enfatizando las medidas de seguridad y de control de incendios, derrames y fugas de compuestos y residuos.

R. Se implementará, dentro de los planes de control de riesgos y accidentes, una serie de medidas tendentes a evitar, minimizar y controlar eventuales accidentes. En este sentido, es conveniente detallar las siguientes medidas y elementos que se incorporarán al proyecto para abordar eventuales contingencias.

- i) Incendios y derrames Los lugares de acopio transitorio de residuos contarán con la señalética correspondiente y extintores. Además en el caso de los lugares residuos inflamables (aceites de descarte), el ingreso al recinto estará restringido y contará con un sistema de contención de derrames.

ii) Accidentes de trabajo Uno de los aspectos más relevantes para el control de accidentes del trabajo lo constituye la capacitación, tanto para la etapa de construcción como operación. Para ello se ha considerado lo siguiente:

- ☐ Capacitación del trabajador nuevo. Se instruye al trabajador nuevo respecto a la seguridad e higiene industrial.
- ☐ Capacitaciones al personal en general. Se capacitará al personal, en temas específicos, de acuerdo a su actividad dentro de las instalaciones. Entre las temáticas de capacitación consideradas se cuentan: a) Prevención de Riesgos en general; b) Técnicas de Supervisión; c) Manejo defensivo; d) Prevención y control de incendio; e) Primeros auxilios y f) Uso de elementos de protección personal

a.9. Manejo de residuos generados dentro de la planta.

R. Los residuos serán separados y manejados en contenedores específicos para facilitar su posterior envío a los lugares de disposición final autorizados. En el caso de los residuos de tipo domésticos, estos serán retirados periódicamente (2 veces por semana). Para el resto de los residuos no peligrosos, su retiro se realizará cuando los contenedores se encuentren llenos. Cabe precisar que en la etapa de operación se espera que el retiro se realice en forma inmediata (como parte del proceso de mantención).

Tratándose de almacenamiento de residuos, además de lo señalado en la letra a):

f.1. Características del recinto.

R. En la etapa de construcción (instalación de faena), se habilitará un sector para la disposición transitoria de residuos. En este sector o recinto se colocaran los contenedores destinados a los residuos no peligrosos y del tipo domestico. Este sector estará debidamente delimitado y señalizado. Para los residuos peligrosos, se tendrá un contenedor especial ubicado en una pequeña bodega, exclusiva, debidamente techada, con control de derrame y señalética de acuerdo a la normativa vigente. Este pequeño recinto tendrá acceso restringido. En la etapa de operación, se tendrá al interior de las instalaciones dos pequeñas bodegas para residuos. Ambas bodegas estarán techadas, con radier donde se ubicaran los contenedores y señalizadas. Adicionalmente, la bodega o recinto de los residuos peligrosos tendrá un sistema para contener derrames, contará con extintor y su acceso estará restringido.

f.2 Establecimiento de las formas de almacenamiento, tales como a granel o en contenedores.

R. Todos los residuos (etapa de construcción y operación) serán almacenados en contenedores.