INFORME FINAL

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

REVISIÓN 00

SEPTIEMBRE 2014

CORPORACION REGION Coquimbo

Aqua Advise

INDICE DE DOCUMENTOS

1.- ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

- Anexo 1.1.- Planos de Localización. Desalación 1000 L/s
- Anexo 1.2.- Planos de Localización. Desalación 500 L/s
- Anexo 1.3.- Planos de Localización. Reutilización 500 L/s
- Anexo 1.4.- Planos de Localización. Desalación y Reutilización 500 L/s

2.- INFORME TÉCNICO DE IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DESALADORA

- Anexo 2.1.- Planos Layout. Desalación 1000 L/s
- Anexo 2.2.- Planos Layout. Desalación 500 L/s

3.- PROYECTO BÁSICO DE INFRAESTRUCTURA MARINA

- Anexo 3.1.- Documentación Legal

4.- ESTUDIO PLANTAS DESALADORAS EXISTENTES EN CHILE

5.- INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

6.- INFORME TÉCNICO DE IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE REUTILIZACIÓN

7.- ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD AMBIENTAL

- Anexo 7.1.- Caracterización Física
- Anexo 7.2.- Caracterización Administrativa
- Anexo 7.3.- Áreas Protegidas

8.- ANÁLISIS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN DE AGUA

9.- INFORME CAPEX/OPEX. COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

10.- ESTUDIO DEL MODELO DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

11.- PROPUESTA DE PLAZOS Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO

12.- RESUMEN DE CONTENIDOS

13.- RESUMEN COMPARATIVO

1.- ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

01PR14-2004-Localizacion_rv01.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2004-Localizacion_rv01.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	MCM	30-06-14	CBE	22-07-14		
01	MCM	23-07-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 3

1.1.- ESQUEMA DE TOMA DE DICISIONES 3

1.2.- ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN 5

1.3.- ALTERNATIVAS DE DISEÑO 5

2. VISITA AL TERRENO 6

2.1.- VARIABLES TÉCNICAS, ECONÓMICAS, MEDIOAMBIENTALES Y SOCIALES 8

2.2.- PUNTO DE ESTUDIO 1 9

2.3.- PUNTO DE ESTUDIO 2 15

2.4.- PUNTO DE ESTUDIO 3 24

2.5.- CONCLUSIONES DE LA VISITA AL TERRENO 30

3. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD AMBIENTAL 32

4. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN DE AGUA 33

5. ANÁLISIS DEL INFORME DE INFRAESTRUCTURA MARINA 35

5.1.- CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR 35

5.2.- VERTIDO DE SALMUERA 37

5.3.- CONCLUSIONES DEL INFORME DE INFRAESTRUCTURA MARINA 37

6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN 38

1. INTRODUCCIÓN

El "E*studio técnico-económico comparativo entre la instalación de una planta desaladora y una planta de reutilización de aguas depuradas*" tiene como objetivo crear las bases técnicas y económicas para determinar la mejor opción para incrementar la disponibilidad de agua en la conurbación de La Serena - Coquimbo, mediante la desalación de agua de mar o la reutilización de aguas depuradas; y para diversificar las actuales fuentes de aprovisionamiento.

La localización de la planta desaladora y de la planta de reutilización es un factor crítico dentro del Estudio, ya que afecta a las características técnicas, económicas, medioambientales y sociales del proyecto.

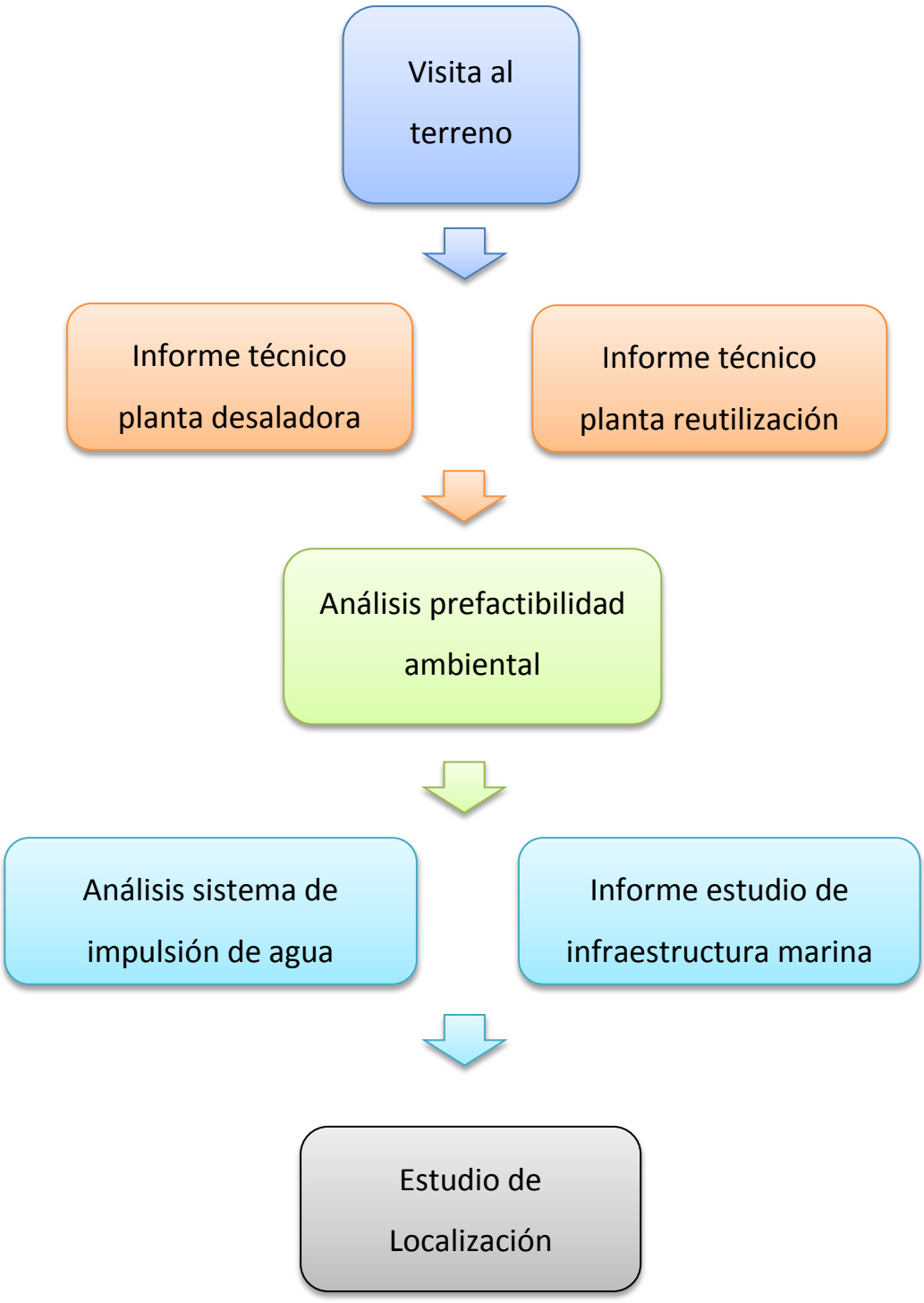
Las localizaciones seleccionadas se consideran como una primera hipótesis de estudio. El emplazamiento final de las instalaciones deberá acordarse con la CRDP de Coquimbo en fases posteriores de desarrollo del proyecto.

1.1.- ESQUEMA DE TOMA DE DICISIONES

El estudio de localización se basa en las conclusiones de cada uno de los informes que componen el "Estudio técnico-económico comparativo entre la instalación de una planta desaladora y una planta de reutilización de aguas depuradas":

- Análisis de Prefactibilidad Ambiental - *01PR14-2301-AM_Prefactibilidad_rv00.docx*
- Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento - *01PR14-2004-CAPEX-OPEX_rv00.docx*
- Análisis del sistema de impulsión de agua - *01PR14-2002-Impulsion_rv00.docx*
- Proyecto básico de infraestructura marina - *01PR14-2104-DE_PBasico Marina_rv00.docx*

El análisis de cada uno de estos informes permite seleccionar la ubicación idónea para la instalación de la planta desaladora y de la planta de reutilización. El esquema de evaluación de cada una de las alternativas se resume en el diagrama de toma de decisiones incluido en la página siguiente.


Visita al terreno
Informe técnico planta desaladora
Informe técnico planta reutilización
Análisis prefactibilidad ambiental
Análisis sistema de impulsión de agua
Informe estudio de infraestructura marina
Estudio de Localización

1.2.- ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN

Del análisis de la visita al terreno se definen **tres posibles ubicaciones**.

- Punto de estudio **P1**, ubicado junto a la planta de tratamiento primario de La Serena.
- Punto de estudio **P2**, ubicado al norte de La Serena, en Punta Teatinos.
- Punto de estudio **P3**, ubicado junto a la planta de tratamiento primario de Coquimbo.

1.3.- ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Las conclusiones del Primer Informe de Avance del Estudio permitieron definir las siguientes alternativas de diseño de la instalación de la planta desaladora y de la planta de reutilización:

- Alternativa de diseño A1 → **1 x 1.000L/s**
    - Planta desaladora: 1 planta de 1.000 L/s de producción.
    - Planta de reutilización: 1 planta de 1.000 L/s de producción.
- Alternativa de diseño A2 → **2 x 500L/s**
    - Planta desaladora: 2 plantas de 500 L/s de producción.
    - Planta de reutilización: 2 plantas de 500 L/s de producción.

A continuación se van a analizar las tres alternativas de localización (P1, P2 y P3) y las dos alternativas de diseño de las instalaciones de desalación y reutilización (A1 y A2) siguiendo el diagrama de toma de decisiones anterior.

Es importante resaltar, como resultado de este Segundo Informe, el interés adicional que supone la opción A2 teniendo en cuenta las actuales plantas de tratamiento primario de La Serena y Coquimbo. Los proyectos de reutilización permitirían utilizar los emisarios existentes para el vertido de salmuera de las plantas desaladoras.

2. VISITA AL TERRENO

Durante la reunión de lanzamiento del Estudio (días 12 y 13 de marzo de 2014) se visitaron tres posibles emplazamientos para la ubicación de las instalaciones de la planta desaladora o de la planta de reutilización.

Como primer paso al estudio de localización, se resumen las características de cada una de las tres ubicaciones, y se indican sus ventajas y sus inconvenientes atendiendo a variables técnicas, económicas, medioambientales y sociales.

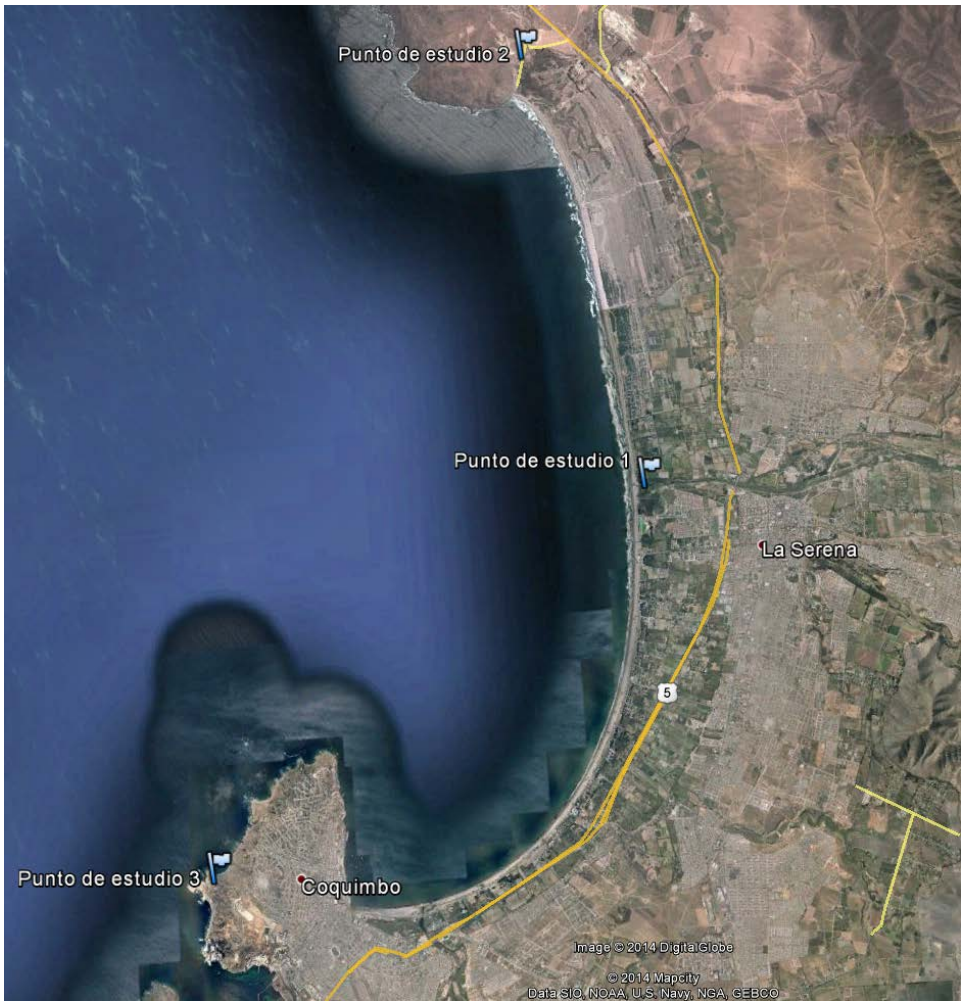


Imagen 1. Vista general de los puntos de localización preliminares.

Durante la visita se identificaron puntos de especial interés que quedan marcados en la vista general de la foto que aparece más abajo:

- Puntos de estudio 1, 2 y 3 ubicados en la conurbación La Serena-Coquimbo.

- Zonas de potencial desarrollo industrial.
- Zonas de potencial desarrollo agrícola.
- Minera San Gerónimo.
- Minera CAP.
- Minera Talcuna.
- Minera Teck.
- Minera Dayton.
- Plantas de tratamiento primario de la Serena.
- Planta de tratamiento primario de Coquimbo.
- Embalse Puclaro.

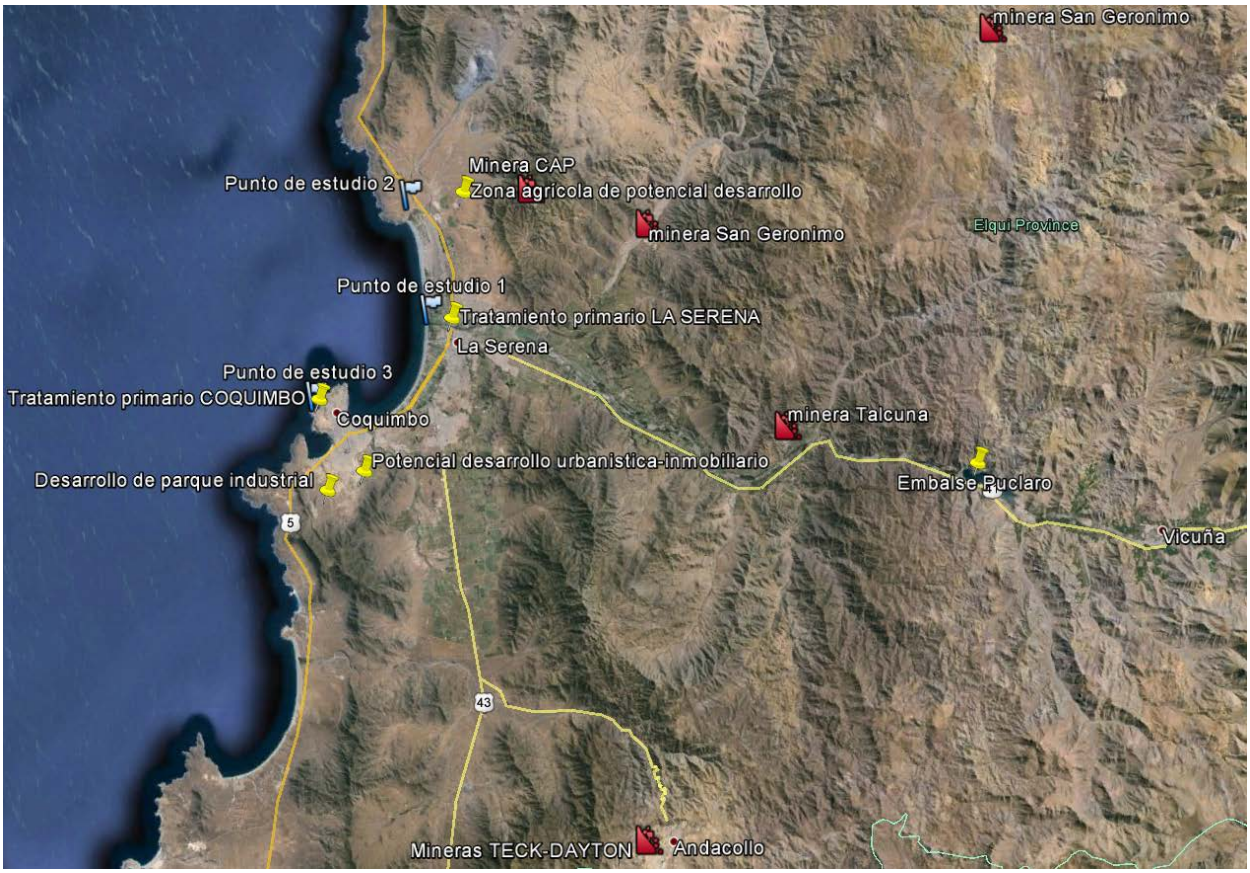


Imagen 2. Vista general. Puntos de estudio, plantas de tratamiento primario e industria minera.

2.1.- VARIABLES TÉCNICAS, ECONÓMICAS, MEDIOAMBIENTALES Y SOCIALES

Para definir la idoneidad de cada uno de los puntos de estudio definidos en la visita al terreno, se comparan las tres ubicaciones mediante variables técnicas, económicas, medio ambientales y sociales.

- **Variables técnicas.**
  - Idoneidad técnica del emplazamiento y justificación de la solución adoptada.
  - Impulsión de agua de mar. Estudio de las diferencias de cota, longitud y diámetro, materiales,…
  - Superficie requerida.
  - Ventajas e inconvenientes de la solución adoptada para garantizar la máxima calidad del agua de alimentación.
  - Superficie "footprint".
  - Vertido y tratamiento de efluentes
- **Variables económicas.**
  - Infraestructuras ya existentes.
  - Coste de ejecución de las obras.
  - Consumo energético de la captación de mar, vertido de efluentes e impulsión de agua producto.
- **Variables medioambientales y sociales.**

Las variables consideradas corresponden a aquellos elementos relevantes que dan cuenta de las condiciones y factores ambientales del área del Proyecto, lo que permite determinar a priori ciertas restricciones, desde el punto de vista ambiental, para el desarrollo de las obras.

En una fase posterior, para llevar a cabo la ejecución del Proyecto, se deberán considerar para su tramitación ambiental las variables pertinentes contempladas en el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S N°40/12). Dichas variables corresponden a aquellas factibles de ser evaluadas por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

2.2.- PUNTO DE ESTUDIO 1

El Punto de estudio 1 es un posible emplazamiento ubicado junto a la planta de tratamiento primario de La Serena a una cota aproximada de 10 msnm. El emisario submarino tiene una longitud de unos 1.710 metros desde la línea de playa. El punto de vertido se encuentra a una profundidad de unos 19 metros aproximadamente.

En esta zona la CIA. MINERA SAN GERÓNIMO dispone de una parcela de 15Has. La sanitaria AGUAS DEL VALLE es propietaria de una superficie de 2Has.

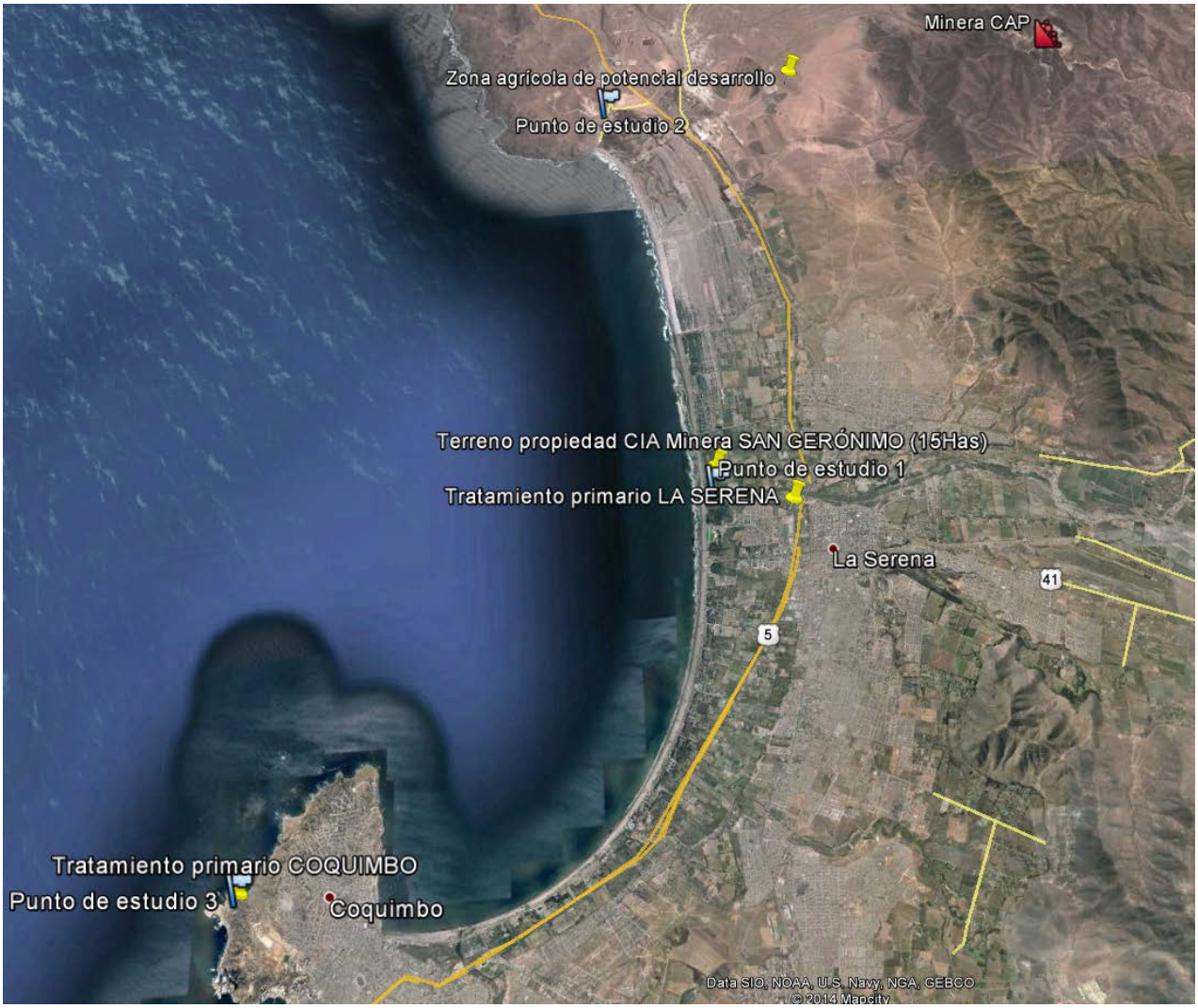


Imagen 3. Emplazamiento Punto de estudio 1.

- ✓ Ventajas:
  - o Próximo al núcleo de población de la Serena, punto de consumo de agua potable.
  - o Proximidad de zonas agrícolas.
  - o Cercanía a la planta de tratamiento de aguas servidas de la Serena.
  - o De las tres ubicaciones preliminares, es la que está localizada en el punto central de la conurbación La Serena-Coquimbo.
  - o La CIA. MINERA SAN GERÓNIMO dispone de una parcela de 15Has.
  - o La sanitaria AGUAS DEL VALLE es propietaria de una superficie de 2Has.
  - o Como se puede ver en las fotos es una zona no urbanizada que resulta favorable para la construcción de posibles instalaciones.
- ✓ Inconvenientes:
  - o Alejado de la zona industrial o de explotación minera.

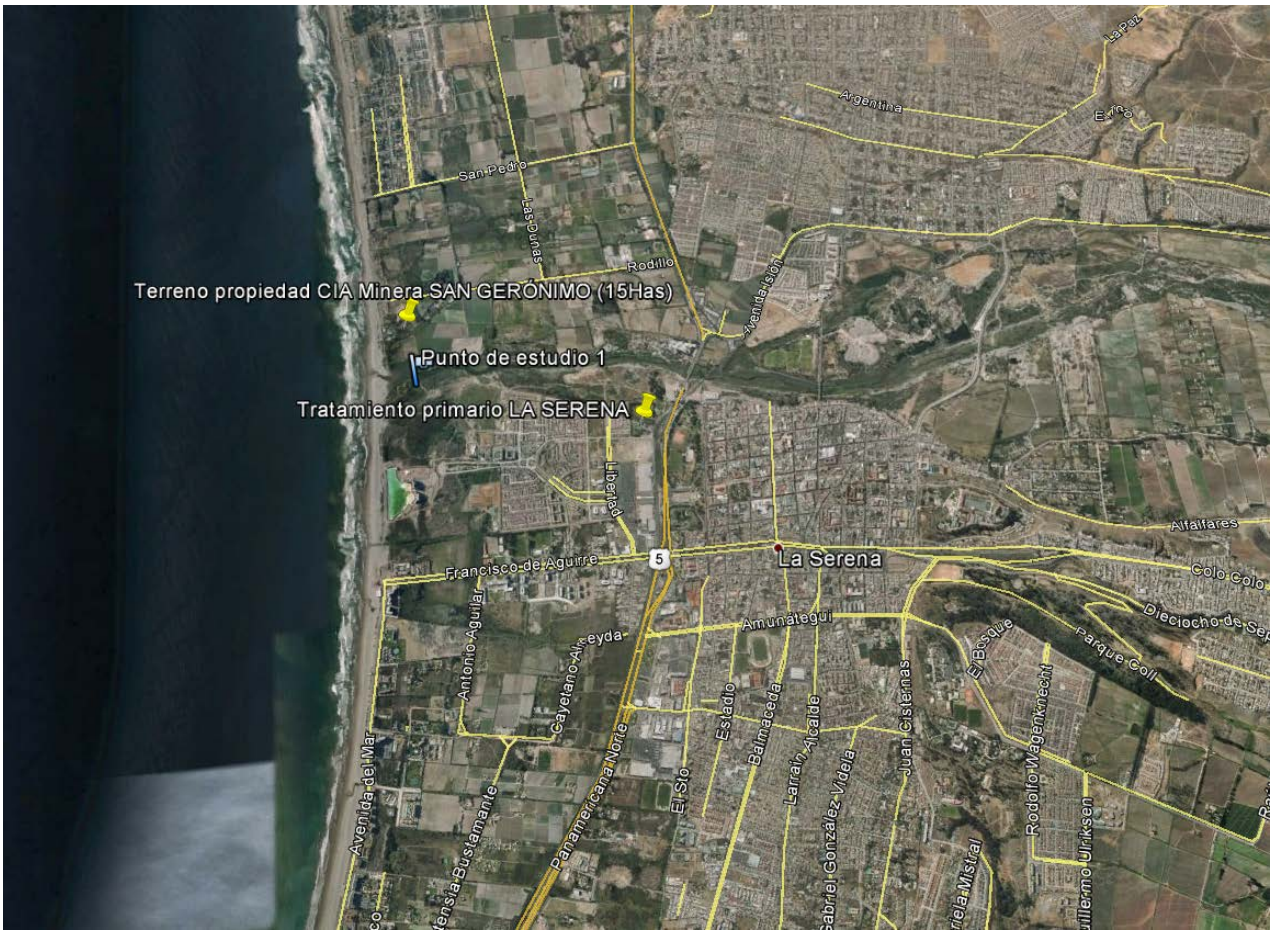


Imagen 4. Emplazamiento Punto de estudio 1.

	V/I	Descripción
Variables técnicas		
Localización geográfica	V	De los tres puntos de estudio, es la que se sitúa en el punto medio de la conurbación
Vertido de efluentes	V	Posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento primario de la Serena
Disponibilidad legal de terrenos	V	La CIA. Minera San Gerónimo dispone de una parcela de 15Has; y la sanitaria Aguas Del Valle es propietaria de una superficie de 2Has
Carreteras de acceso	V	Cercano a la población de la Serena
Suministro eléctrico	V	Cercano a la población de la Serena
Obra marina para captación de mar	V	Proximidad a la playa, de fácil acceso para la construcción del inmisario
Cercanía a zonas de consumo de agua potable	V	Cercano a la población de la Serena
Cercanía de zonas agrícolas	V	Cercano a zonas agrícolas
Cercanía de zonas de uso industrial y minera	I	Alejado de Minera CAP y de la zona industrial
Variables económicas		
Infraestructuras ya existentes	V	Posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Serena
Consumo energético impulsión producto	V	Cercano a la población de la Serena y a zonas agrícolas
Variables medioambientales		
Impacto de las obras	V	Es una zona de escaso desarrollo urbanístico
Influencia sobre tramitación del EIA	V	En esta área ya se ha construido la planta de tratamiento primario de La Serena
Variables sociales		
Repercusión en áreas cercanas	V	Es una zona de escaso desarrollo urbanístico
Impacto local	V	Es una zona de escaso desarrollo urbanístico
Sectores económicos favorecidos	V	Todos de forma directa o indirecta

Tabla 1. Resumen de variables técnicas, económicas, medioambientales y sociales del punto de estudio 1.

Dado que el alcance del Análisis de Prefactibilidad Ambiental corresponde a una caracterización preliminar del área de estudio de acuerdo a las variables ambientales existentes, cuyo resultado da cuenta de manera general de las condiciones ambientales de dicha área, no se contempla una etapa de determinación y análisis de impactos asociados, ya que esto debe ser parte de un estudio con carácter distinto a una prefactibilidad ambiental.

Es por lo mencionado anteriormente que no se hace alusión al banco de machas e impacto en el sector acuícola puesto que no es del alcance de una prefactibilidad ambiental sino de un estudio de carácter específico o bien algún estudio asociado al Servicio de Evaluación Ambiental (DIA o EIA).

Imagen 5. Punto de emplazamiento 1. Foto 1.

Imagen 6. Punto de emplazamiento 1. Foto 2.

Imagen 7. Punto de emplazamiento 1. Foto 3.

Imagen 8. Punto de emplazamiento 1. Foto 4.

Imagen 9. Punto de emplazamiento 1. Foto 5.

Imagen 10. Punto de emplazamiento 1. Foto 6.

2.3.- PUNTO DE ESTUDIO 2

✓ El Punto de estudio 2 (zona norte de la ciudad de La Serena) es un posible emplazamiento ubicado a una cota aproximada a los 15 msnm.

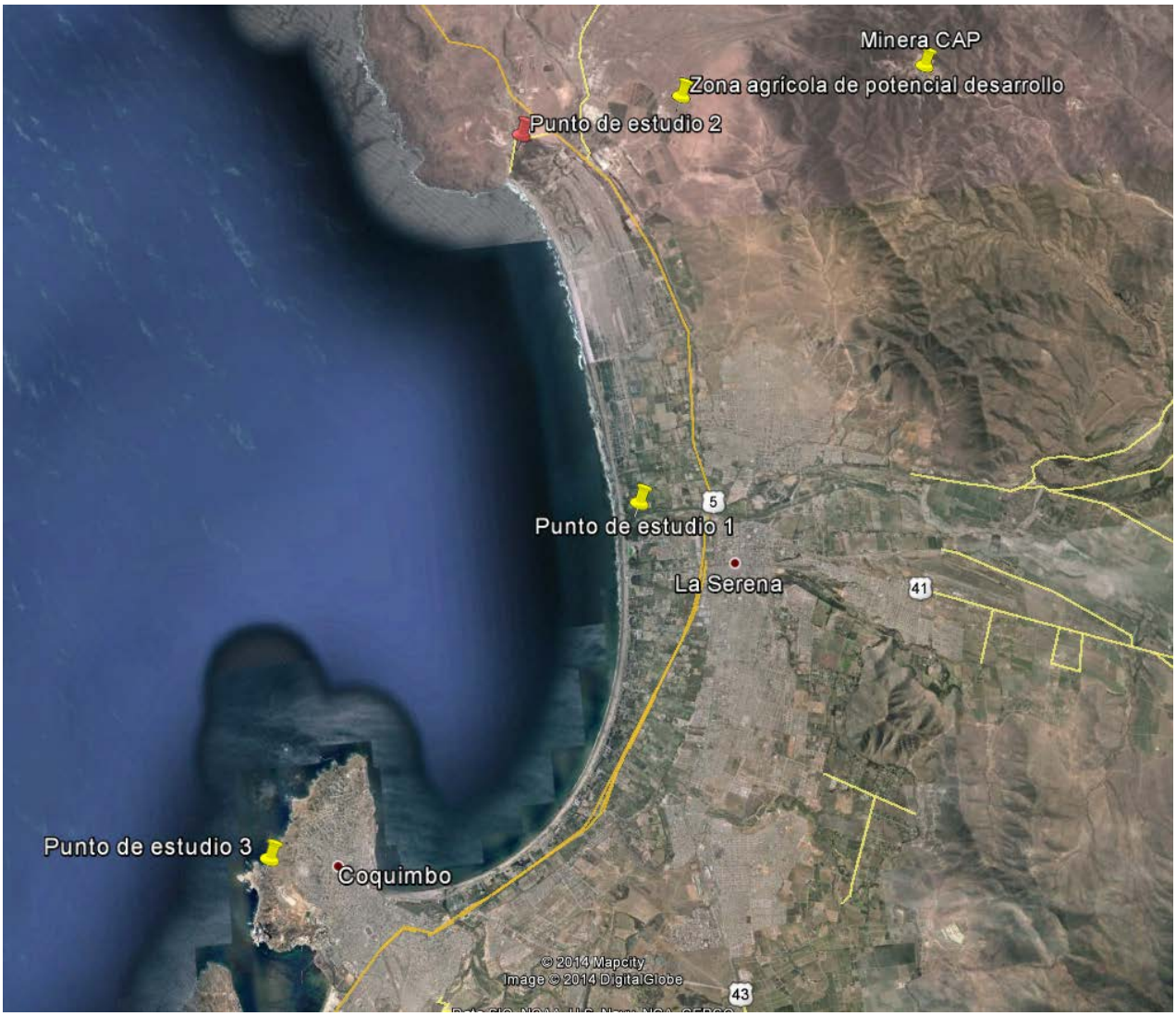


Imagen 11. Emplazamiento Punto de estudio 2.

Imagen 12. Emplazamiento Punto de estudio 2.

- ✓ Ventajas:
  - o Próximo al núcleo de población de la Serena, punto de consumo de agua potable.
  - o Proximidad a zona agrícola de potencial desarrollo.
  - o Cercano a la minera CAP y minera San Gerónimo.
  - o Suficientemente alejado del núcleo urbano de la Serena, evitando que las obras y la operación de la planta de reutilización o planta desaladora cree un impacto sobre la población.
- ✓ Inconvenientes:
  - o Alejado del núcleo de población de Coquimbo.

	V/I	Descripción
Variables técnicas		
Localización geográfica	V	Próximo a zonas agrícolas, minera CAP y San Gerónimo; al norte de La Serena
Vertido de efluentes	I	Alejado de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Serena
Carreteras de acceso	V	Al norte de la población de la Serena
Suministro eléctrico	V	Al norte de la población de la Serena
Obra marina para captación de mar	V	Proximidad a la playa, de fácil acceso para la construcción del inmisario
Cercanía a zonas de consumo de agua potable	V	Al norte de la población de la Serena
Cercanía de zonas agrícolas	V	Próximo a zonas agrícolas
Cercanía de zonas de uso industrial y minera	V	Próximo a minera CAP y minera San Gerónimo
Variables económicas		
Infraestructuras ya existentes	I	Sin posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Serena
Consumo energético impulsión producto	V	Al norte de la población de la Serena y a zonas agrícolas
Variables medioambientales		
Impacto de las obras	V	Suficientemente alejado de la población de la Serena y de la zona turística
Humedal en Punta de Teatinos	I	Área protegida
Variables sociales		
Repercusión en áreas cercanas	V	Suficientemente alejado de la población de la Serena y de la zona turística
Impacto local	V	Suficientemente alejado de la población de la Serena y de la zona turística
Sectores económicos favorecidos	V	Todos de forma directa o indirecta

Tabla 2. Resumen de variables técnicas, económicas, medioambientales y sociales del punto de estudio 2.

Imagen 13. Punto de estudio 2. Foto 1.

Imagen 14. Punto de estudio 2. Foto 2.

Imagen 15. Punto de estudio 2. Foto 3.

Imagen 16. Punto de estudio 2. Foto 4.

Imagen 17. Punto de estudio 2. Foto 5.

Imagen 18. Punto de estudio 2. Foto 6.

Imagen 19. Punto de estudio 2. Foto 7.

Imagen 20. Punto de estudio 2. Foto 8.

Imagen 21. Punto de estudio 2. Foto 9.

Imagen 22. Punto de estudio 2. Foto 10.

Imagen 23. Punto de estudio 2. Foto 11.

Imagen 24. Punto de estudio 2. Foto 12.

2.4.- PUNTO DE ESTUDIO 3

El Punto de estudio 3 es un posible emplazamiento ubicado junto a la planta de tratamiento primario de Coquimbo a una cota aproximada de 15 msnm. El emisario submarino tiene una longitud de unos 880 metros desde la línea de playa. El punto de vertido se encuentra a una profundidad de unos 87 metros aproximadamente

- ✓ Ventajas:
  - o En la misma área que la planta de tratamiento de aguas servidas de Coquimbo.
  - o Próximo al núcleo de población de Coquimbo, punto de consumo de agua potable.
  - o Proximidad a zona de desarrollo de parque industrial.
  - o Proximidad a zona de potencial desarrollo urbanístico-inmobiliario
  - o De los tres puntos de estudio, es el más cercano a minera Teck y minera Dayton.
  - o Suficientemente alejado del núcleo urbano de Coquimbo, evitando que las obras y la operación de la planta de reutilización o planta desaladora cree un impacto sobre la población.
- ✓ Punto de interés:
  - o Proximidad a la Pampilla: las instalaciones de la planta desaladora y de la planta de reutilización se ubicarán próximas a la planta de tratamiento primario existente en Coquimbo.

Imagen 25. Ubicación del punto de estudio 3.

Imagen 26. Emplazamiento Punto de estudio 3.

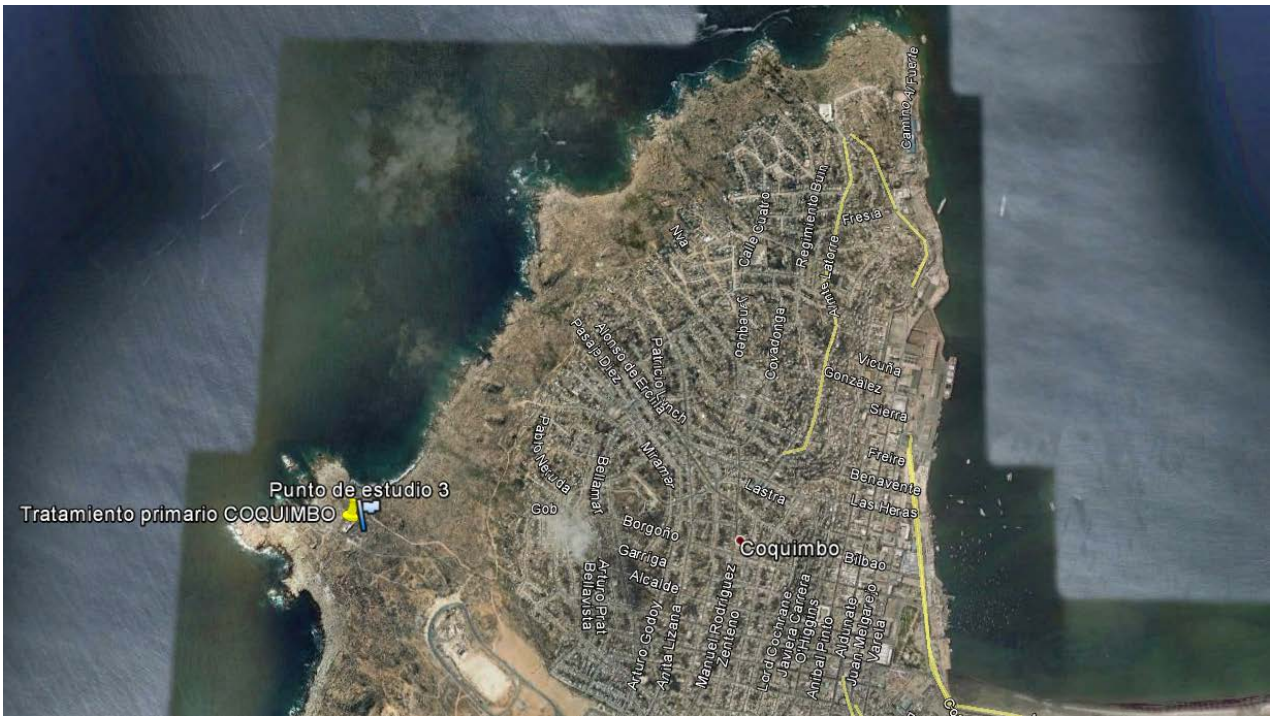


Imagen 27. Emplazamiento Punto de estudio 3.

	V/I	Descripción
Variables técnicas		
Localización geográfica	V	Ubicado cerca del núcleo urbano de Coquimbo
Vertido de efluentes	V	Posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento primario de Coquimbo
Carreteras de acceso	V	Cercano a la población de Coquimbo
Suministro eléctrico	V	Cercano a la población de Coquimbo
Obra marina para captación de mar	V	Proximidad a la playa, de fácil acceso para la construcción del inmisario
Cercanía a zonas de consumo de agua potable	V	Cercano a la población de Coquimbo y a zona de potencial desarrollo urbanístico
Cercanía de zonas agrícolas	V	Cercano a zonas agrícolas
Cercanía de zonas de uso industrial y minera	V	Es el punto de estudio más cercano a la minera Teck y Dayton. Proximidad a zona de desarrollo de un parque industrial
Variables económicas		
Infraestructuras ya existentes	V	Posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento primario de Coquimbo
Consumo energético impulsión producto	V	Cercano a la población de Coquimbo y a zonas agrícolas, zona de desarrollo de un parque industrial y a minera Teck
Variables medioambientales		
Impacto de las obras	V	Suficientemente alejado de la población de Coquimbo y de zona turística
Influencia sobre tramitación del EIA	V	En esta área ya se ha construido la planta de tratamiento primario de Coquimbo
Variables sociales		
Repercusión en áreas cercanas	V	Suficientemente alejado de la población de Coquimbo y de zona turística.
Impacto local	V	Suficientemente alejado de la población de Coquimbo y de zona turística
Impacto local	-	Proximidad a la zona de la Pampilla
Sectores económicos favorecidos	V	Todos de forma directa o indirecta

Tabla 3. Resumen de variables técnicas, económicas, medioambientales y sociales del punto de estudio 3.

Imagen 28. Punto de estudio 3. Foto 1.

Imagen 29. Punto de estudio 3. Foto 2.

Imagen 30. Punto de estudio 3. Foto 3.

Imagen 31. Punto de estudio 3. Foto 4.

Imagen 32. Punto de estudio 3. Foto 5.

Imagen 33. Punto de estudio 3. Foto 6.

Imagen 34. Punto de estudio 3. Foto 7.

2.5.- CONCLUSIONES DE LA VISITA AL TERRENO

	Punto de estudio 1	Punto de estudio 2	Punto de estudio 3
Variables técnicas			
Localización geográfica	V	V	V
Vertido de efluentes	V	I	V
Carreteras de acceso	V	V	V
Suministro eléctrico	V	V	V
Obra marina para captación de mar	V	V	V
Cercanía a zonas de consumo de agua potable	V	V	V
Cercanía de zonas agrícolas	V	V	V
Cercanía de zonas de uso industrial y minera	I	V	V
Variables económicas			
Infraestructuras ya existentes	V	I	V
Consumo energético impulsión producto	V	V	V
Variables medioambientales			
Impacto de las obras	I	V	V
Influencia sobre tramitación del EIA	V	I	V
Variables sociales			
Repercusión en áreas cercanas	V	V	V
Impacto local	V	V	V
Sectores económicos favorecidos	V	V	V

Las conclusiones de la visita al terreno durante la reunión de lanzamiento del proyecto, resumidas en las variables técnicas, económicas, medioambientales y sociales que caracterizan cada Punto de Estudio son:

1. Localización geométrica: el punto de estudio 1 es el de mejor localización geométrica, por ser la ubicación más equidistante de los tres puntos de estudio entre La Serena y Coquimbo.

   En caso de que el Estudio comprendiera la posibilidad de construir dos plantas de 500L/s, la localización geométrica del punto de estudio 1 y 3 sería igual de favorable.
2. Vertido de efluentes: el punto de estudio 1 y el punto de estudio 3 permiten el empleo del emisario de la planta de tratamiento primario de La Serena y de Coquimbo como tubería de vertido de salmuera.
3. Disponibilidad legal de terrenos: se desconoce la disponibilidad de terrenos en los puntos de estudio 2 y 3. En el punto de estudio 1, Aguas del Valle y Minera San Gerónimo disponen de superficie para la ubicación de las instalaciones.

4. Cercanía a zonas de consumo de agua potable: los puntos de estudio 1 y 3 se ubican cerca de las poblaciones de La Serena y de Coquimbo, respectivamente. El punto 2 es el más alejado de los núcleos urbanos.
5. Cercanía de zonas agrícolas: los tres puntos de estudio se ubican cerca de zonas agrícolas de La Serena o de Coquimbo.
6. Cercanía de zonas industriales: los puntos 2 y 3 de estudio se ubican cerca de zonas de desarrollo industrial y minero.
7. Infraestructuras ya existentes: los puntos de estudio 1 y punto 3 permiten el empleo del emisario de la planta de tratamiento primario de La Serena o el de Coquimbo.
8. Consumo energético impulsión producto: los puntos 1 y 2 de estudio se ubican cerca de la población de la Serena y de zonas agrícolas; el punto 3 de estudio se ubica cerca de la población de Coquimbo y de zonas agrícolas, zona de desarrollo de un parque industrial y de la minera Teck.
9. Impacto de las obras: el inconveniente del punto de estudio 1 es su cercanía a la población de la Serena y a la zona turística. Los otros dos puntos de estudio se consideran suficientemente alejados de la población de la Serena, de la población de Coquimbo y de zonas turísticas.
10. Influencia sobre tramitación del EIA: en el área de los puntos de estudio 1 y 3 ya se han construido las plantas de tratamiento primario de La Serena y de Coquimbo, así como sus respectivos emisarios.

3. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD AMBIENTAL

Del análisis de prefactibilidad ambiental se extrae la siguiente tabla, que resume la carga medioambiental de los puntos de estudio 1, 2 y 3.

	Ubicación	Accesibilidad	Acceso a Energía	Carga Ambiental					
				Planificación Territorial		Áreas Protegidas	Concesiones	Riesgo	Turismo
				PRDU	PRC				
Punto 1	Buena	Buena	Buena	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Baja
Punto 2	Buena	Buena	Buena	Media	Alta	Alta	Media	Baja	Alta
Punto 3	Buena	Media	Buena	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

Tabla 4. Conclusiones del Informe de Prefactibilidad Ambiental.

La conclusión principal del informe de prefactibilidad ambiental es que el punto 2 debe descartarse por su elevada carga ambiental, como opción a la localización de la planta desaladora y la planta de reutilización.

El punto de estudio 1 y el punto 3 presentan cargas ambientales similares, y es necesario continuar con el diagrama de toma de decisiones para poder evaluar las dos alternativas.

Respecto a otras posibles áreas aptas para la localización, no se aprecian zonas idóneas para la ubicación de las obras, puesto que gran parte del territorio presenta restricciones ambientales y restricciones asociadas a la existencia de concesiones de tipo minero.

Debido a que los puntos 1 y 3 se ubican en una zona de desarrollo turístico, será necesario una buena integración de las instalaciones de la planta desaladora y la planta de reutilización con el entorno que las rodea. En el documento de Integración Paisajística - *"01PR14-2008-Interacion Paisajistica_rv00.pptx"* se muestran casos de éxito de proyectos de plantas desaladoras y plantas de reutilización, donde se ha conseguido integrar las instalaciones con el entorno existente.

4. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN DE AGUA

En el documento *01PR14-2003-Impulsion_rv00.docx* que forma parte de este Segundo Informe se analiza el sistema de impulsión de agua desalada y agua reutilizada en los posibles emplazamientos 1 y 3 coincidentes con las plantas de tratamiento primario de La Serena y Coquimbo.

A modo de resumen, el sistema de impulsión de agua parte de las siguientes hipótesis para la toma de decisiones:

- La instalación de plantas de 500 L/s de producción en los puntos seleccionados aportan **seguridad y flexibilidad** en el sistema de gestión de agua.
- Dos plantas más pequeñas, 500 L/s, frente a una instalación única, 1000 L/s, permiten una mayor **cercanía a los puntos de consumo** con el consiguiente **ahorro en distribución**.
- La hipótesis de cálculo elegida es **objeto de optimización** mediante el estudio de la infraestructura actual que permitiese reducir la longitud y cota de la tubería de impulsión hasta su punto final.

a) Instalación **PLANTA DESALADORA**.

CAUDAL (500 l/s)	1800	m^3/h	Punto 1 LA SERENA	Punto 3 COQUIMBO
Distancia a línea de playa		m	1.600	200
Cota planta desaladora		msnm	9	15
Cota depósito acumulación		msnm	135	105
Altura geométrica + pérdidas		mca	151	120
Longitud de tubería		m	5.660	7.160
Potencia absorbida		kWh	1.003	797
Consumo específico		kW/m^3	0,56	0,44
Coste energético		USD/m^3	**0,084**	**0,066**

- El área de influencia marcada en el emplazamiento de La Serena establece una cota de impulsión de 135 msnm frente a los 105 msnm del punto seleccionado en la zona de Coquimbo, que se traduce en mayores costes energéticos.

- Por otra parte, la ubicación de Coquimbo implica una mayor longitud en la tubería de impulsión hasta alcanzar la cota final del depósito de acumulación, a causa de la situación en el extremo de la península.

b) Instalación **PLANTA DE REUTILIZACIÓN**.

			Punto 1 LA SERENA		Punto 3 COQUIMBO
CAUDAL (500 l/s)	**1.800**	**m^3/h**	**OPCIÓN 1**	**OPCIÓN 2**	
Distancia a línea de playa		m	1.600	1.600	200
Cota planta de reutilización		msnm	9	9	15
Cota final de la conducción		msnm	94	201	200
Altura geométrica + pérdidas		mca	125	267	255
Longitud de tubería		m	11.000	22.000	20.500
Potencia absorbida		kWh	830	1.773	1.693
Consumo específico		kW/m^3	0,46	0,99	0,94
Coste energético		USD/m^3	0,069	**0,148**	**0,141**

- Dos plantas de reutilización más pequeñas, 500 L/s, frente a una instalación única, 1000 L/s, permiten:
  - Aprovechamiento de las plantas de tratamiento primario existentes.
  - Reutilización de los emisarios existentes para el vertido de salmuera procedente de las posibles plantas desaladoras.
- Como se puede observar en el punto 1 de La Serena, se han planteado dos opciones con unos costes energéticos muy diferentes. Todo ello depende, lógicamente, de la longitud del trazado y la cota final de impulsión. La opción 1 es muy interesante si fuera posible utilizar el río Elqui como canal de distribución para las zonas de riego ubicadas a menor cota, con la posibilidad de liberar caudales aguas arriba del río Elqui para abastecer los cultivos agrícolas de cotas superiores.
- El punto 3 en la ubicación de Coquimbo obliga a impulsar el agua reutilizada a una distancia y cota elevadas hasta llegar a las zonas altas de cultivo agrícola.

5. ANÁLISIS DEL INFORME DE INFRAESTRUCTURA MARINA

El Informe de Infraestructura Marina de la planta desaladora se divide en el estudio de la captación de agua de mar y en el estudio del vertido de salmuera al mar.

5.1.- CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR

No se dispone de informes batimétricos que permitan conocer las características del fondo marino para la elaboración del Estudio.

Debido a la falta de información, se considera como dato de partida que la profundidad mínima necesaria para la captación de agua de mar es de 20 metros. Este dato se ha extrapolado del estudio de captaciones de agua de mar similares en plantas desaladoras existentes en Chile, según el informe *"01PR14-1009-Desalacion Chile_rv00"*.

Por otro lado, la única información disponible es la característica de los emisarios de las plantas de tratamiento primario de la Serena y de Coquimbo. La tabla siguiente resume las características de los emisarios de las plantas de tratamiento primario de La Serena y de la planta de Coquimbo.

CARACTERÍSTICAS EMISARIO PLANTA TRATAMIENTO PRIMARIO - LA SERENA		
Longitud del emisario	1.710	m
Profundidad de la descarga	19	m
CARACTERÍSTICAS EMISARIO PLANTA TRATAMIENTO PRIMARIO - COQUIMBO		
Longitud del emisario	880	m
Profundidad de la descarga	87	m

Tabla 5. Características emisario plantas de tratamiento primario La Serena y Coquimbo.

De la tabla anterior se puede estimar que la longitud de la tubería de captación necesaria para alcanzar una profundidad mayor de 20m será menor en el punto de estudio 3 que en el punto de estudio 1, ya que para conseguir una profundidad de descarga de 19m, la tubería del emisario de La Serena es de 1.710m, mientras que en la planta de Coquimbo, para una longitud de 880m, la profundidad alcanzada es de 87m.

Si consideramos que el emisario de la planta de tratamiento primario de La Serena se ubica en la desembocadura del río Elqui, este dato es bastante lógico, al ser una fuente de arrastre de material de sedimentación hacia el mar.

Como diseño previo se propone una tubería de captación con un único colector, cuyo dimensionamiento dependerá de la opción elegida:

- **UNA ÚNICA** planta desaladora de 1.000 L/s de producción.
- **DOS** plantas desaladoras de 500 L/s de producción, aprovechando los emplazamientos de las actuales Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

OPCIÓN	Diámetro Tubería (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdidas de carga (m.c.a.)			
			Longitud Tubería de Captación (m)			
			300	500	700	900
UNA Planta Desaladora 1 x 1000 l/s	1400	2,02	1,17	1,59	2,00	2,43
	1600	1,55	0,48	0,69	0,91	1,12
	1800	1,22	0,23	0,35	0,47	0,59
	2000	**0,99**	0,13	0,19	0,26	0,33
DOS Plantas Desaladoras 2 x 500 l/s	1000	1,98	1,65	2,26	2,86	3,46
	1200	1,38	0,50	0,74	0,98	1,22
	1400	**1,01**	0,20	0,31	0,42	0,53
	1600	0,77	0,10	0,15	0,21	0,26

Tabla 6. Estudio preliminar de pérdidas de carga para distintos diámetros y longitudes de captación.

Por otro lado, desde un punto de vista técnico **no hay que descartar la captación de agua de mar mediante pozos costeros**, con la posibilidad de proporcionar agua ya filtrada de buena calidad, permitiendo reducir y simplificar la fase de pretratamiento de la planta desaladora, influyendo de forma positiva en los costes de operación y mantenimiento.

5.2.- VERTIDO DE SALMUERA

Se considera que una vez construidas las plantas de reutilización ya no habrá vertido de aguas servidas al mar y será posible utilizar los emisarios existentes de las actuales plantas de tratamiento primario para el vertido de salmuera al mar desde la planta desaladora.

Para verificar el dimensionamiento de las tuberías existentes se realiza el siguiente cálculo previo:

OPCIÓN	Diámetro Tubería (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdidas de carga (m.c.a.)			
			Longitud Tubería de Vertido (m)			
			500	1000	1500	2000
DOS Plantas Desaladoras 2 x 500 l/s	800	1,79	2,32	3,96	5,61	7,25
	900	**1,42**	1,14	2,04	2,95	3,85
	1000	1,15	0,62	1,15	1,69	2,22
	1200	0,80	0,23	0,44	0,66	0,87

Tabla 7. Estudio preliminar de pérdidas de carga para distintos diámetros y longitudes de vertido.

La tabla anterior permite asegurar que es posible utilizar los emisarios de las plantas de tratamiento primario existentes para el vertido de salmuera con el diámetro actual de 900mm. La alternativa de diseño A1 de una única planta desaladora de 1.000 L/s no permitiría utilizar ninguno de los dos emisarios existentes.

5.3.- CONCLUSIONES DEL INFORME DE INFRAESTRUCTURA MARINA

Las principales conclusiones del informe de infraestructura marina son:

- La alternativa de diseño de instalación A2, de dos plantas desaladoras de 500L/s de producción, permite utilizar los emisarios de las plantas de tratamiento existentes para el vertido de salmuera.
- Se prevé que la longitud de la tubería de captación para una desaladora ubicada en el punto de estudio 1 sea mayor que para una planta desaladora ubicada en el punto de estudio 3.
- En fases posteriores a este estudio se deberán verificar las hipótesis realizadas con un estudio detallado del fondo marino.

6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

Una vez analizada la documentación existente, las conclusiones principales del estudio de localización son:

- El punto 2 de localización debe descartarse por su elevada carga ambiental.
- Las localizaciones del punto 1 y del punto 3 presentan características similares que las hacen idóneas para la ubicación de la planta desaladora y la planta de reutilización.
- La mejor alternativa de diseño es la de instalar una planta desaladora de 500L/s y una planta de reutilización de 500L/s en el punto de estudio 1 de la Serena, y una planta desaladora de 500L/s y una planta de reutilización de 500L/s en el punto de estudio 3 de Coquimbo. Esta alternativa de diseño permite utilizar los emisarios existentes para el vertido de salmuera, reduciendo el CAPEX de construcción de las plantas desaladoras.
- Tanto la planta desaladora como la planta de reutilización deben ubicarse en un área adyacente a las plantas de tratamiento primario existente.
- Debido a que el punto 1 y el punto 3 se ubican en zonas de desarrollo turístico, será necesario la integración paisajística de las instalaciones de la planta desaladora y de la planta de reutilización.

En los planos anexos a este documento se detalla el Layout de las instalaciones en el punto 1 y en el punto 3 de localización, para las alternativas de diseño de 500 L/s y de 1.000 L/s.

Anexo 1.1.- Planos de Localización

Desalación 1000 L/s

01PR14-2004-A01-Plano Localizacion_rv00.dwg

01PR14-2004-A02-Localizacion-DE1000-Punto 1-Filtros_rv01.dwg

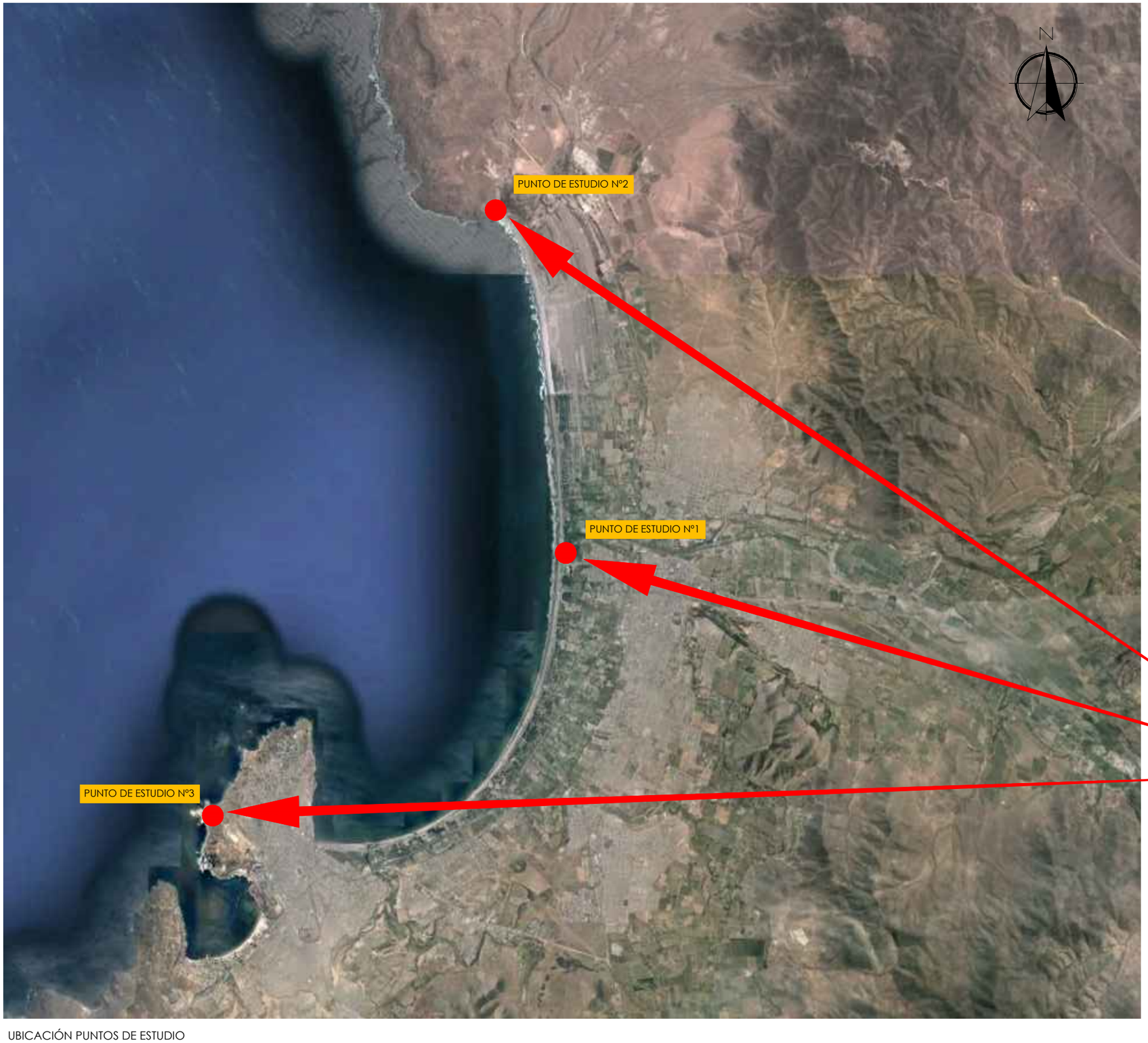
01PR14-2004-A03-Localizacion-DE1000-Punto 1-UF_rv01.dwg

01PR14-2004-A04-Localizacion-DE1000-Punto 2-Filtros_rv00.dwg

01PR14-2004-A05-Localizacion-DE1000-Punto 2-UF_rv00.dwg

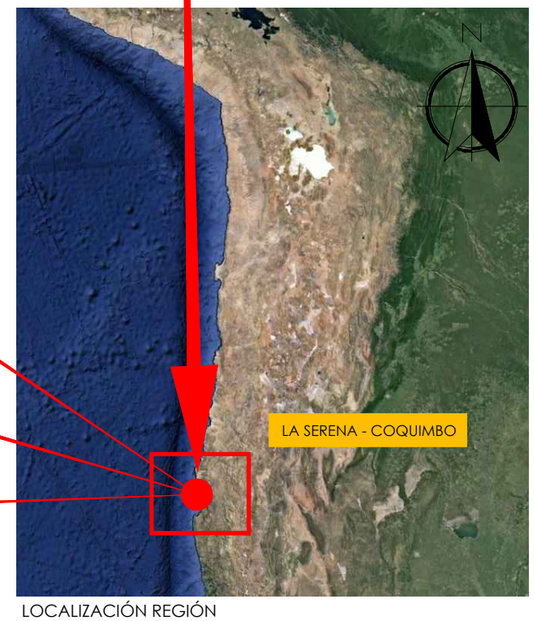
01PR14-2004-A06-Localizacion-DE1000-Punto 3-Filtros_rv01.dwg

01PR14-2004-A07-Localizacion-DE1000-Punto 3-UF_rv01.dwg



UBICACIÓN PUNTOS DE ESTUDIO

LOCALIZACIÓN PAÍS



LOCALIZACIÓN REGIÓN

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN
DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

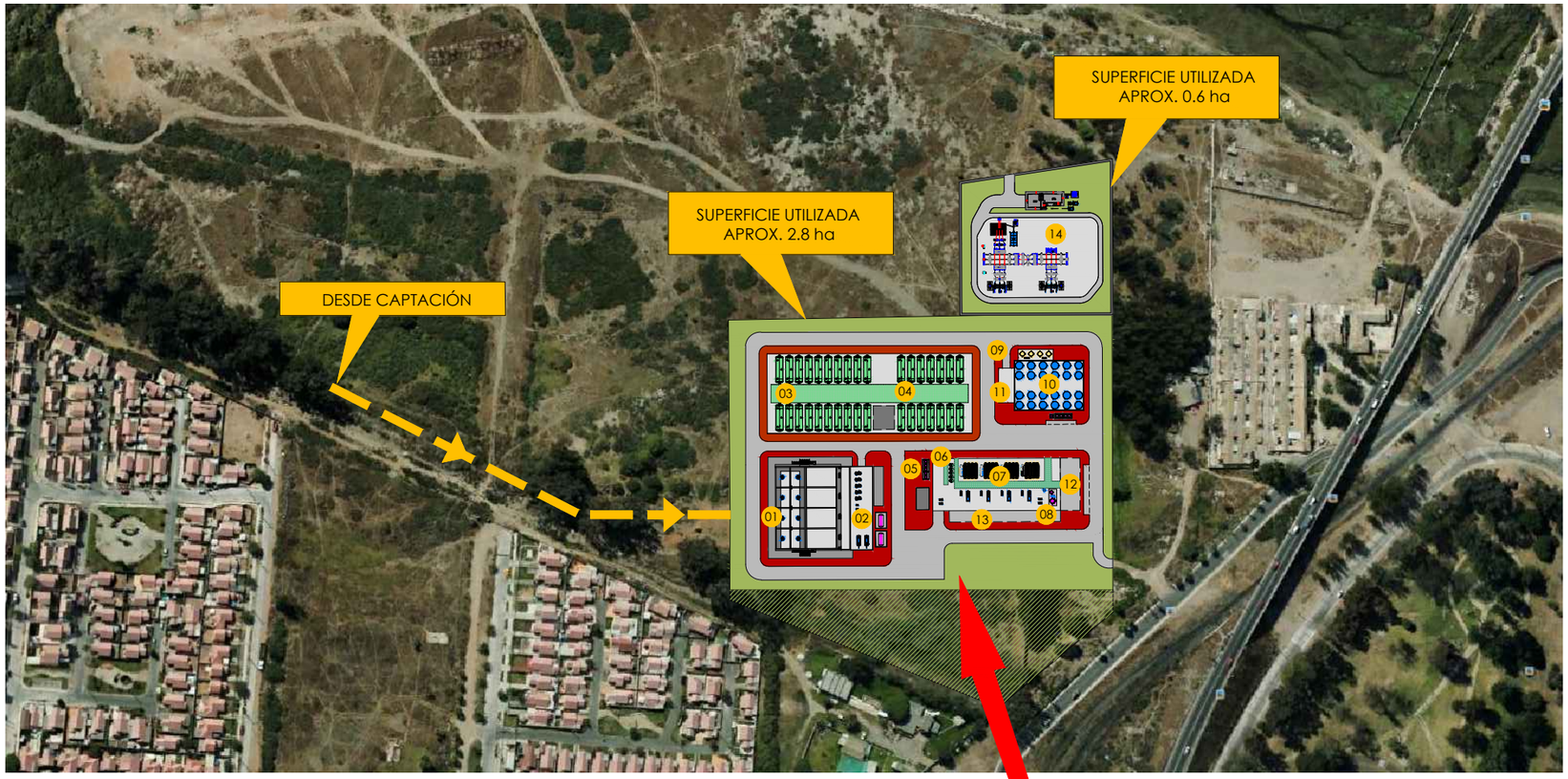
Preparado por: Aqua Advise IASUR

Titulo de Plano

LOCALIZACIÓN
PUNTOS DE ESTUDIO PARA PLANTAS DESALADORAS

Escala	Formato		Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
S/E	A1		ABRIL 2014	01PR14-2004-A01	1 de 1	00

01PR14-2004-A01-Plano Localizacion_rv00.dwg



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

01 DAF	08 LIMPIEZA QUÍMICA
02 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN	09 POST-TRATAMIENTO
03 FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA	10 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
04 FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA	11 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
05 DOSIFICACIÓN QUÍMICA	12 EDIFICIO DE CONTROL
06 FILTROS DE CARTUCHOS	13 EDIFICIO ELÉCTRICO
07 ÓSMOSIS INVERSA	14 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	2960
FILTROS A PRESIÓN	4285
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	2580
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	3795

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

N°	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN
DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Aqua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 1.000 L/seg. CON FILTRACIÓN A PRESIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO N°1

Escala	Formato	Fecha	Plano N°	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	JULIO 2014	01PR14-2004-A02	1 de 1	01

01PR14-2004-A02-Localización DE1000-Punto1-Filtros_rv01.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

N

01 DAF	08 POSTRATAMIENTO
02 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN	09 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
03 DOSIFICACIÓN QUÍMICA	10 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
04 FILTROS AUTOLIMPIABLES	11 EDIFICIO DE CONTROL
05 ULTRAFILTRACIÓN	12 EDIFICIO ELÉCTRICO
06 ÓSMOSIS INVERSA	13 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
07 LIMPIEZA QUÍMICA	

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	2960
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	5840
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	3795

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN
DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Aqua Advise / IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 1.000 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº1

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	JULIO 2014	01PR14-2004-A03	1 de 1	01

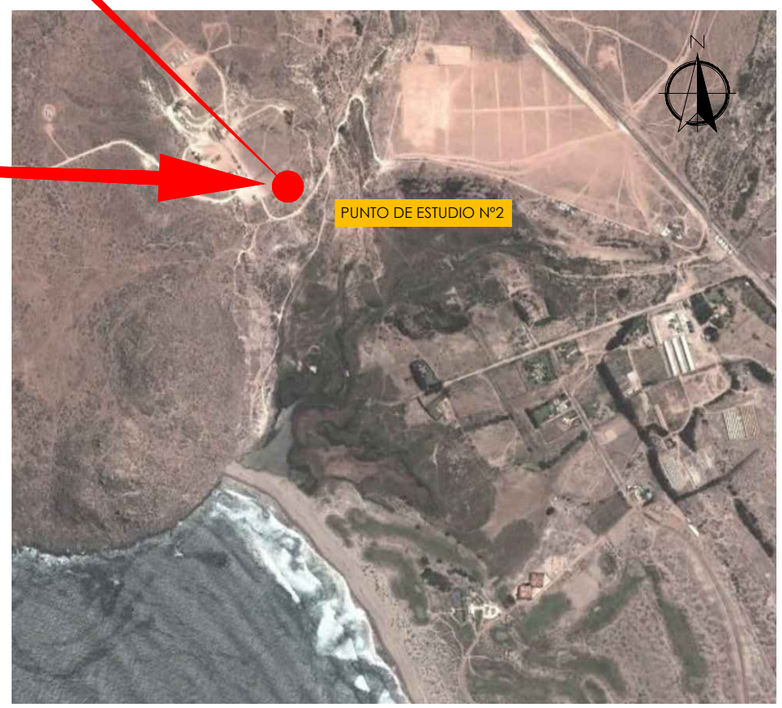
01PR14-2004-A03-Localización DE1000-Punto1-UF_v01.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL
PLANTA DESALADORA CON FILTRACIÓN A PRESIÓN

Escala: 1/1500

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E



VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA
05 FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA
06 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
07 FILTROS DE CARTUCHOS
08 ÓSMOSIS INVERSA
09 LIMPIEZA QUÍMICA
10 POST-TRATAMIENTO
11 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
13 EDIFICIO DE CONTROL
14 EDIFICIO ELÉCTRICO
15 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

0 75 150 m

XX	XXXXXXXX	XXX	XXX	XXX
N°	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN
DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Aqua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 1.000 L/seg. CON FILTRACIÓN A PRESIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO N°2

Escala	Formato	Fecha	Plano N°	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	ABRIL 2014	01PR14-1006-A04	1 de 1	00

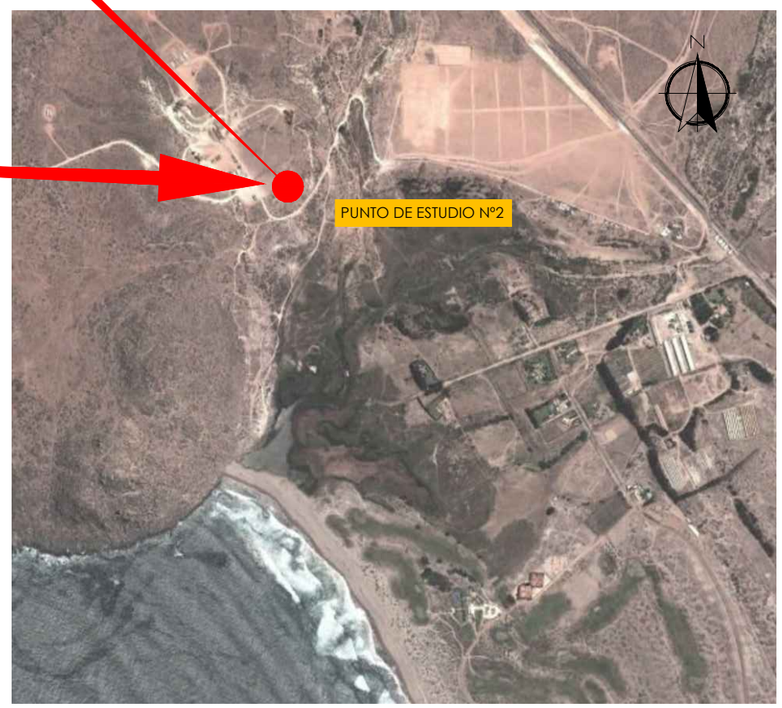
01PR14-1006-A04-Plano Ubicacion-Punto 2-Filtros_rv00.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E



VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
05 FILTROS DE CARTUCHOS
06 ULTRAFILTRACIÓN
07 ÓSMOSIS INVERSA
08 LIMPIEZA QUÍMICA
09 POSTRATAMIENTO
10 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
11 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO DE CONTROL
13 EDIFICIO ELÉCTRICO
14 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

0 75 150 m

N°	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

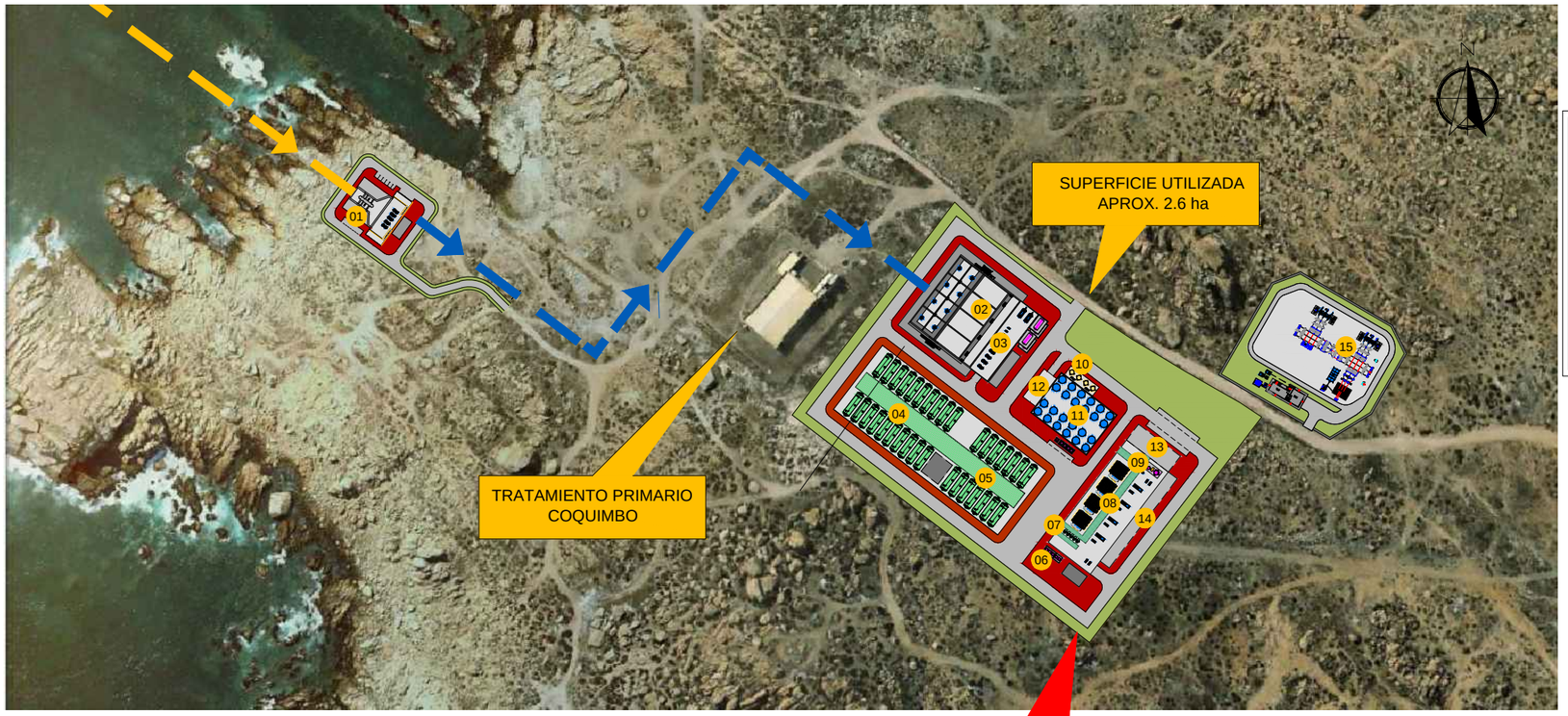
Preparado por: Aqua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 1.000 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO N°2

Escala	Formato	Fecha	Plano N°	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	ABRIL 2014	01PR14-1006-A05	1 de 1	00

01PR14-1006-A05-Plano Ubicacion-Punto 2-UF_rv00.dwg



01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA
05 FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA
06 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
07 FILTROS DE CARTUCHOS
08 ÓSMOSIS INVERSA
09 LIMPIEZA QUÍMICA
10 POST-TRATAMIENTO
11 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
13 EDIFICIO DE CONTROL
14 EDIFICIO ELÉCTRICO
15 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO CAPTACIÓN	1600
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	3150
FILTROS A PRESIÓN	4300
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	2500
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	4785

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

N°	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

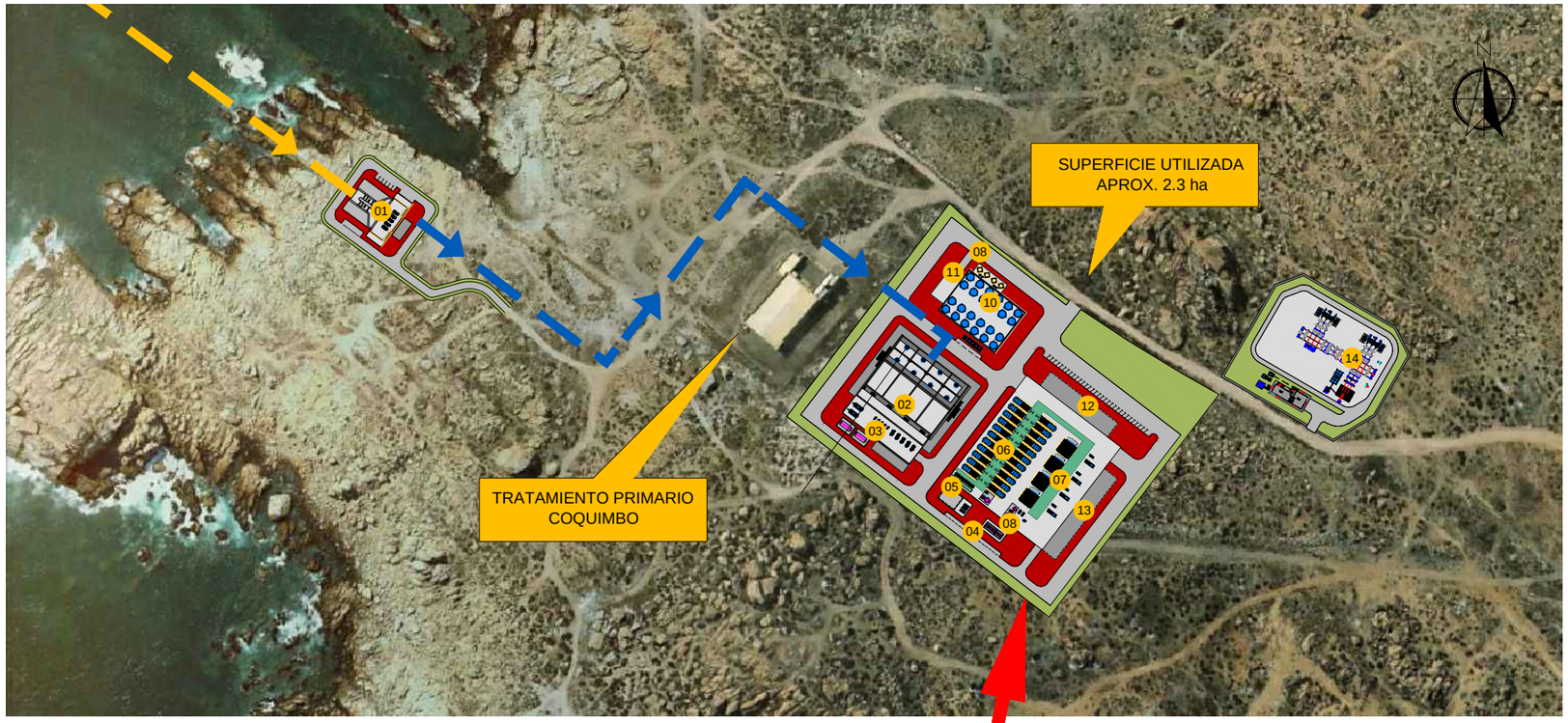
Preparado por: Aqua Advise / IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 1.000 L/seg. CON FILTRACIÓN A PRESIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº3

Escala	Formato	Fecha	Plano N°	Hoja	Rev.
INDICADA		ABRIL 2014	01PR14-2004-A06	1 de 1	01

01PR14-2004-A06-Localización-DE1000-Punto3-Filtros_rv01.dwg

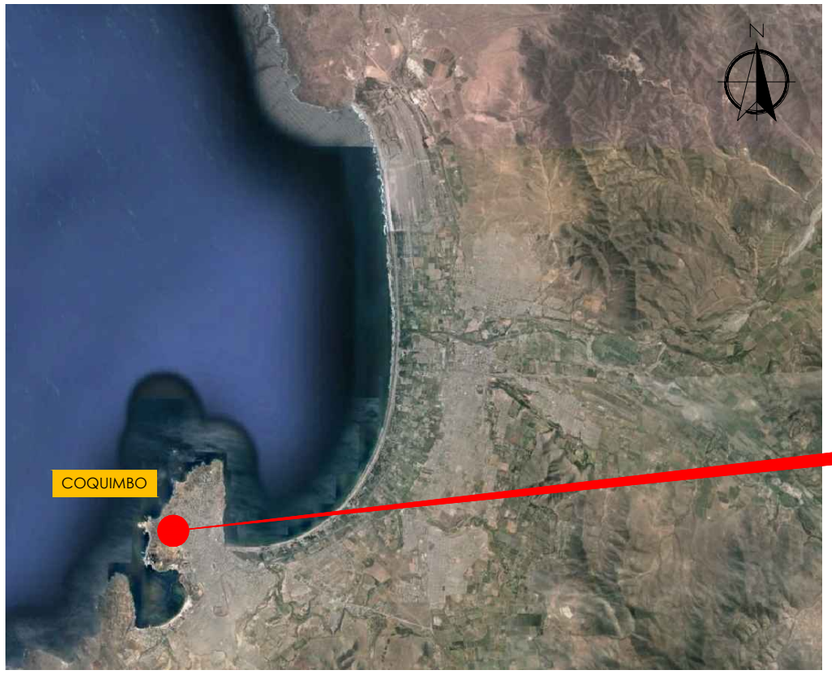


01	EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02	DAF
03	EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04	DOSIFICACIÓN QUÍMICA
05	FILTROS DE CARTUCHOS
06	ULTRAFILTRACIÓN
07	ÓSMOSIS INVERSA
08	LIMPIEZA QUÍMICA
09	POSTRATAMIENTO
10	DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
11	EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
12	EDIFICIO DE CONTROL
13	EDIFICIO ELÉCTRICO
14	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO CAPTACIÓN	1600
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	3150
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	5400
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	4785

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500



LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Aqua Advise / IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 1.000 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº3

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA		ABRIL 2014	01PR14-2004-A07	1 de 1	01

01PR14-2004-A07-Localización-DE1000-Punto3-UF_rv01.dwg

Anexo 1.2.- Planos de Localización

Desalación 500 L/s

01PR14-2004-A08-Localizacion-DE500-Punto 1-Filtros_rv01.dwg

01PR14-2004-A09-Localizacion-DE500-Punto 1-UF_rv01.dwg

01PR14-2004-A10-Localizacion-DE500-Punto 3-Filtros_rv01.dwg

01PR14-2004-A11-Localizacion-DE500-Punto 3-UF_rv01.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

01	DAF
02	EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
03	FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA
04	FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA
05	DOSIFICACIÓN QUÍMICA
06	FILTROS DE CARTUCHOS
07	ÓSMOSIS INVERSA
08	LIMPIEZA QUÍMICA
09	POST-TRATAMIENTO
10	DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
11	EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
12	EDIFICIO DE CONTROL
13	EDIFICIO ELÉCTRICO
14	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	1750
FILTROS A PRESIÓN	2680
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	2195
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	4785

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

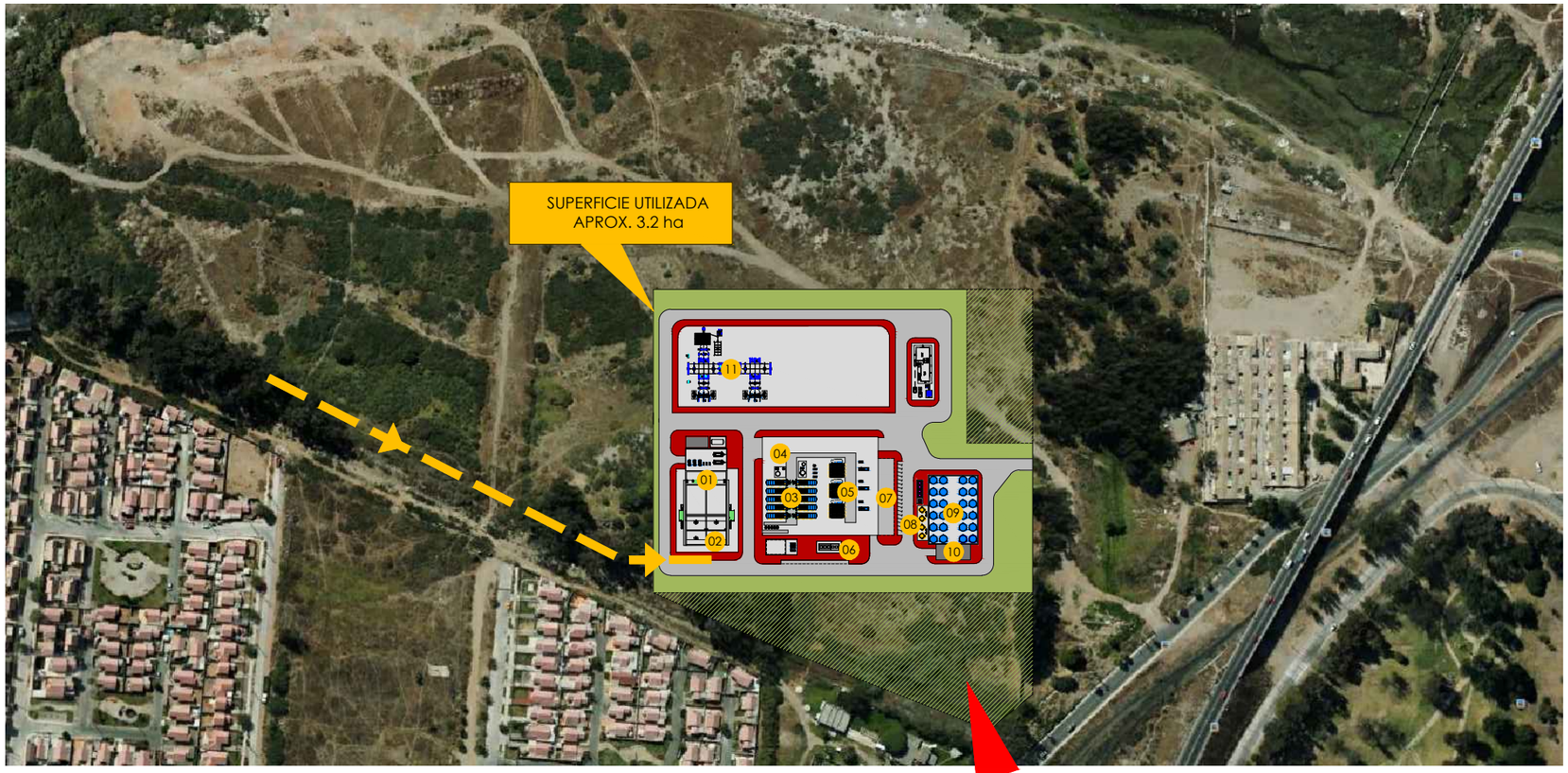
Preparado por: Aqua Advise / IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 500 L/seg. CON FILTRACIÓN A PRESIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº1

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	JULIO 2014	01PR14-2004-A08	1 de 1	01

01PR14-2004-A08-Localización-DES00-Punto1-Filtros_rx01.dwg



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

N

01 DAF	07 EDIFICIO ELÉCTRICO
02 EDIFICIO DE BOMBEO BAJA PRESIÓN	08 POST-TRATAMIENTO
03 ULTRAFILTRACIÓN PREVIA R.O.	09 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
04 LIMPIEZA QUÍMICA	10 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
05 ÓSMOSIS INVERSA	11 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
06 DOSIFICACIÓN QUÍMICA R.O.	

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	1750
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	4060
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	4785

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

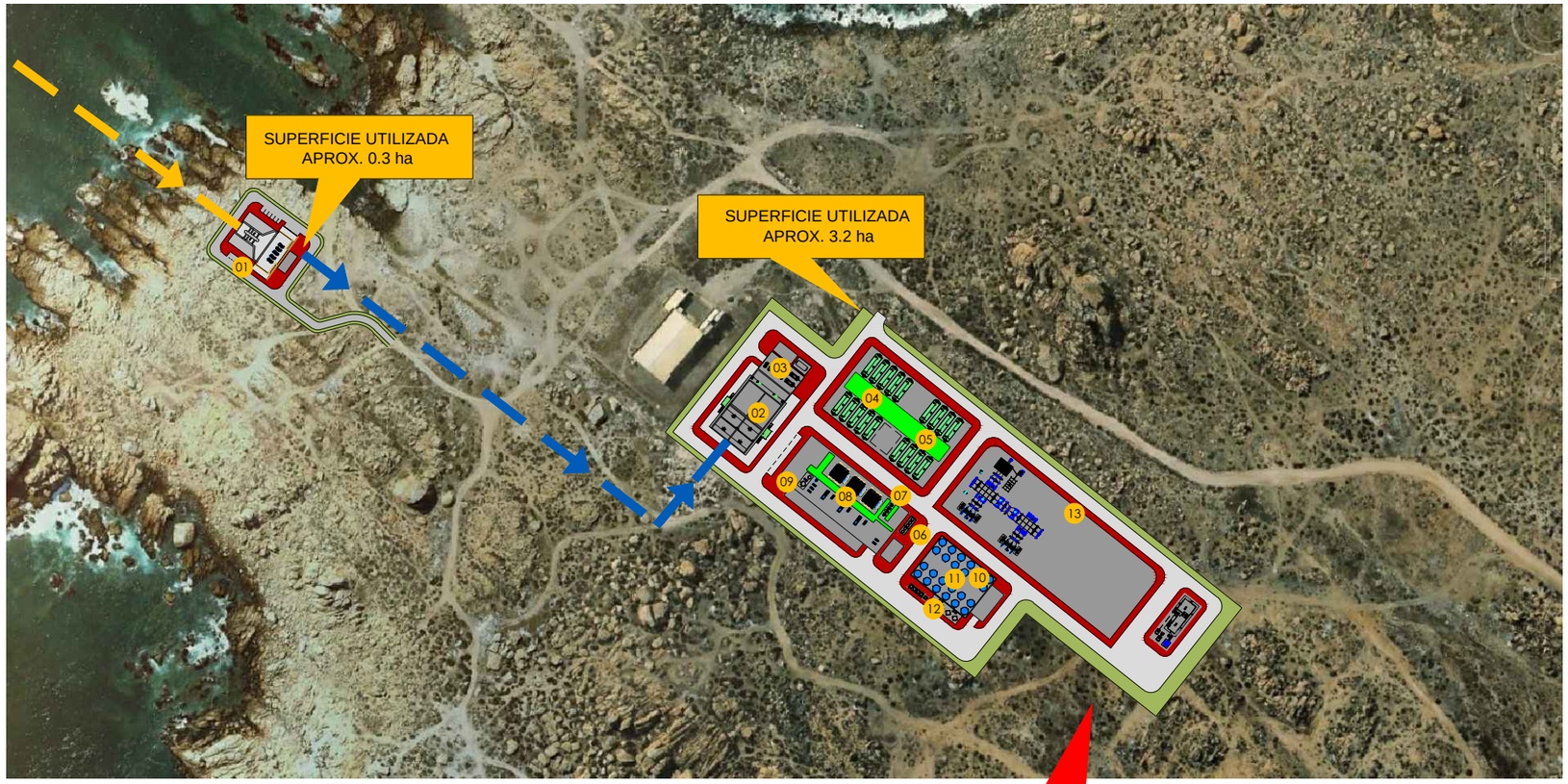
Preparado por: Agua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 500 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº1

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	JULIO 2014	01PR14-2004-A09	1 de 1	01

01PR14-2004-A09-Localización-DESAL-Punto1-UF_rv01.dwg



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

N

01 CAPTACIÓN	08 ÓSMOSIS INVERSA
02 DAF	09 LIMIPIEZA QUÍMICA
03 EDIFICIO DE BOMBEO BAJA PRESIÓN	10 POST-TRATAMIENTO
04 FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA	11 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
05 FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA	12 BOMBEO AGUA PRODUCTO
06 DOSIFICACIÓN QUÍMICA	13 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
07 FILTROS DE CARTUCHOS	

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	1750
FILTROS A PRESIÓN	2680
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	2195
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	4785

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

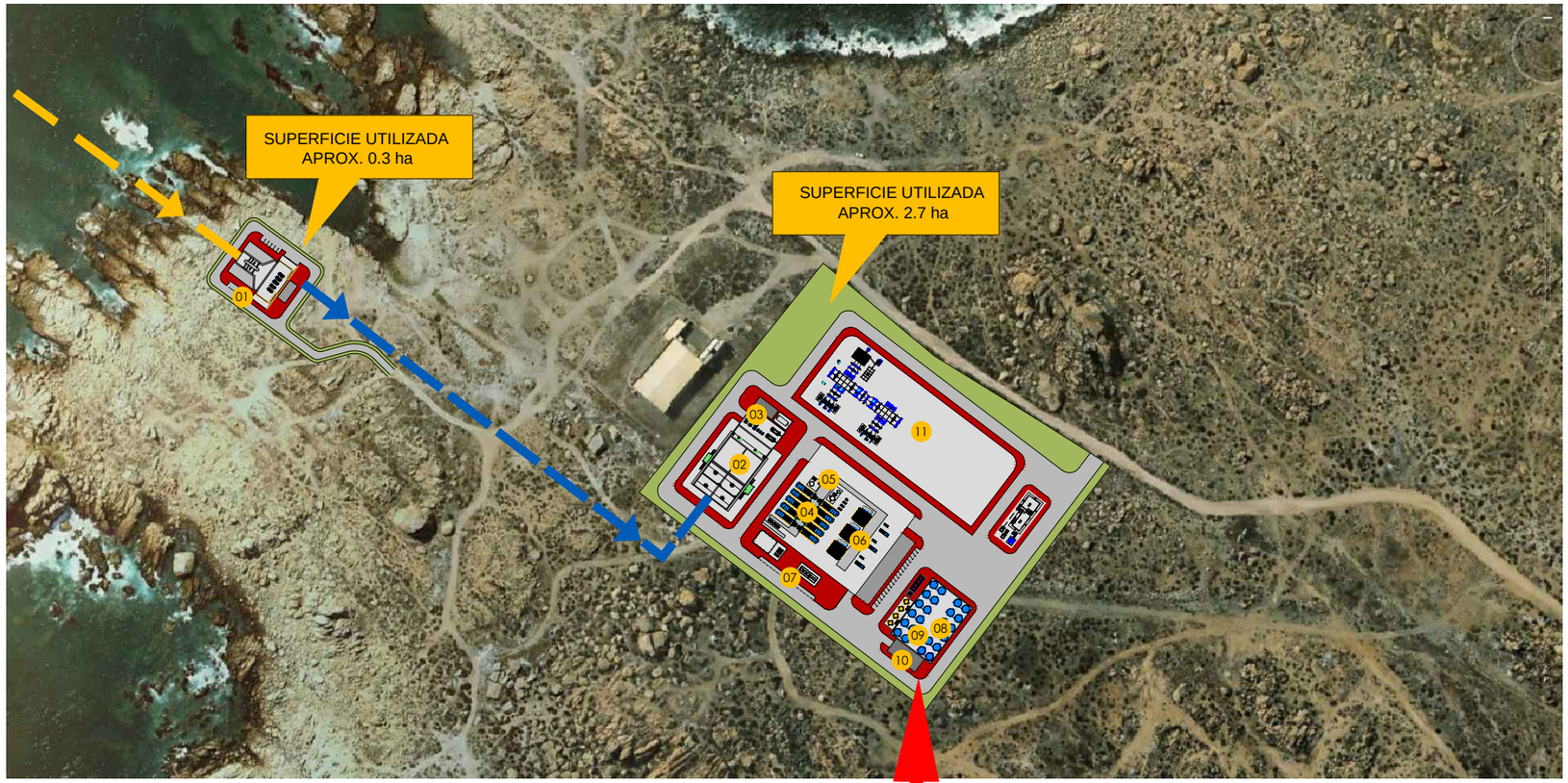
Preparado por: Aqua Advise / IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 500 L/seg. CON FILTRACIÓN A PRESIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº3

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA		JULIO 2014	01PR14-2004-A10	1 de 1	01

01PR14-2004-A10-Localización-DES00-Punto3-Filtros_rv01.dwg



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

N

01 CAPTACIÓN	08 POST-TRATAMIENTO
02 DAF	09 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
03 EDIFICIO DE BOMBEO BAJA PRESIÓN	10 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
04 ULTRAFILTRACIÓN	11 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
05 LIMPIEZA QUÍMICA	
06 ÓSMOSIS INVERSA	
07 DOSIFICACIÓN QUÍMICA	

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	1750
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	4060
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	4785

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN
DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Aqua Advise / IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 500 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº3

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA		JULIO 2014	01PR14-2004-A11	1 de 1	01

01PR14-2004-A11-Localización-DESOL-Punto3-UF_rv01.dwg

Anexo 1.3.- Planos de Localización

Reutilización 500 L/s

01PR14-2004-A12-Localizacion-RU500-Punto 1-Tipo1_rv01.dwg

01PR14-2004-A13-Localizacion-RU500-Punto 1-Tipo2_rv01.dwg

01PR14-2004-A14-Localizacion-RU500-Punto 3-Tipo1_rv01.dwg

01PR14-2004-A15-Localizacion-RU500-Punto 3-Tipo2_rv01.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

N

01 OBRA DE LLEGADA	07 DEPÓSITO DE AGUA FILTRADA
02 TAMIZADO DE AGUA BRUTA	08 EDIFICIO DE CONTROL Y PERSONAL
03 DEPÓSITO DE AGUA BRUTA	09 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
04 CÁMARAS DE AIREACIÓN, MEZCLA Y FLOCULACIÓN	10 HOMOGEINIZACIÓN DE FANGOS
	11 EDIFICIO DE REACTIVOS
05 ULTRAFILTRACIÓN	12 TRATAMIENTO DE FANGOS
06 FILTROS DE CARBÓN ACTIVO	13 CCM1 Y SALA DE COMPRESORES

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
LLEGADA, TRATAMIENTO Y SALA DE COMPRESORES Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	1425
DEPÓSITO DE AGUA BRUTA Y EDIFÍCIO DE CONTROL	2690
CÁMARAS DE AIREACIÓN, MEZCLA Y FLOCULACIÓN, TRATAMIENTO DE FANGOS Y EDIFICIO DE REACTIVOS.	2275
FILTROS CARBÓN ACTIVO Y DEPÓSITO AGUA FILTRADA Y HOMOGENEIZACIÓN DE FANGOS	1310
ULTRAFILTRACIÓN	2285

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Agua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS TIPO 1
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº1

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	JULIO 2014	01PR14-2004-A12	1 de 1	01

01PR14-2004-A12-Localización-RU500-Punto1-Tipo1_rv01.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

01	DEPÓSITO AGUA BRUTA
02	EDIFICIO DE FANGOS
03	EDIFICIO REACTIVOS Y SERVICIOS
04	FILTRACIÓN
05	PRAT FISICO QUÍMICO
06	COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN
07	DECANTACIÓN LAMELAR
08	EDIFICIO DE CONTROL

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
DEPÓSITO DE AGUA BRUTA	1835
EDIFÍCIO DE FANGOS Y CONTROL	890
AREA DE TRATAMIENTO	2305
EDIFICIO REACTIVOS Y SERVICIOS	1060

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN
DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

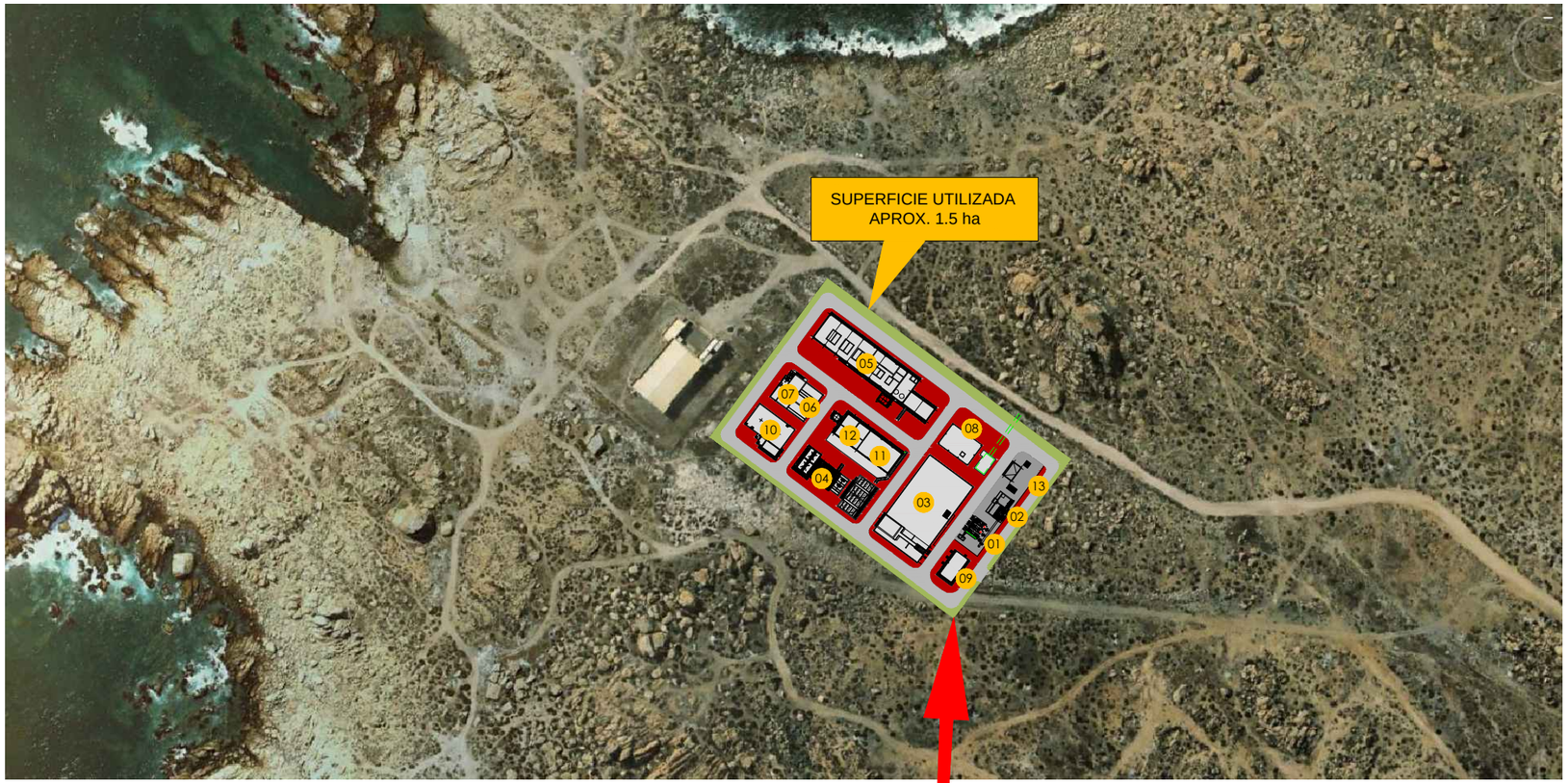
Preparado por: Agua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DE REUTILIZACION DE AGUAS DEPURADAS TIPO 2
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº1

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	JULIO 2014	01PR14-2004-A13	1 de 1	01

01PR14-2004-A13-Localización-RU500-Punto1-Tipo2_rv01.dwg



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

N

01	OBRA DE LLEGADA
02	TAMIZADO DE AGUA BRUTA
03	DEPÓSITO DE AGUA BRUTA
04	CÁMARAS DE AIREACIÓN, MEZCLA Y FLOCULACIÓN
05	ULTRAFILTRACIÓN
06	FILTROS DE CARBÓN ACTIVO
07	DEPÓSITO DE AGUA FILTRADA
08	EDIFICIO DE CONTROL Y PERSONAL
09	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
10	HOMOGEINIZACIÓN DE FANGOS
11	EDIFICIO DE REACTIVOS
12	TRATAMIENTO DE FANGOS
13	CCM1 Y SALA DE COMPRESORES

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
LLEGADA, TRATAMIENTO Y SALA DE COMPRESORES Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	1425
DEPÓSITO DE AGUA BRUTA Y EDIFÍCIO DE CONTROL	2690
CÁMARAS DE AIREACIÓN, MEZCLA Y FLOCULACIÓN, TRATAMIENTO DE FANGOS Y EDIFICIO DE REACTIVOS.	2275
FILTROS CARBÓN ACTIVO Y DEPÓSITO AGUA FILTRADA Y HOMOGENEIZACIÓN DE FANGOS	1310
ULTRAFILTRACIÓN	2285

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION MUNICIPAL Coquimbo

Preparado por: Agua Advise IASUR

Título de Plano

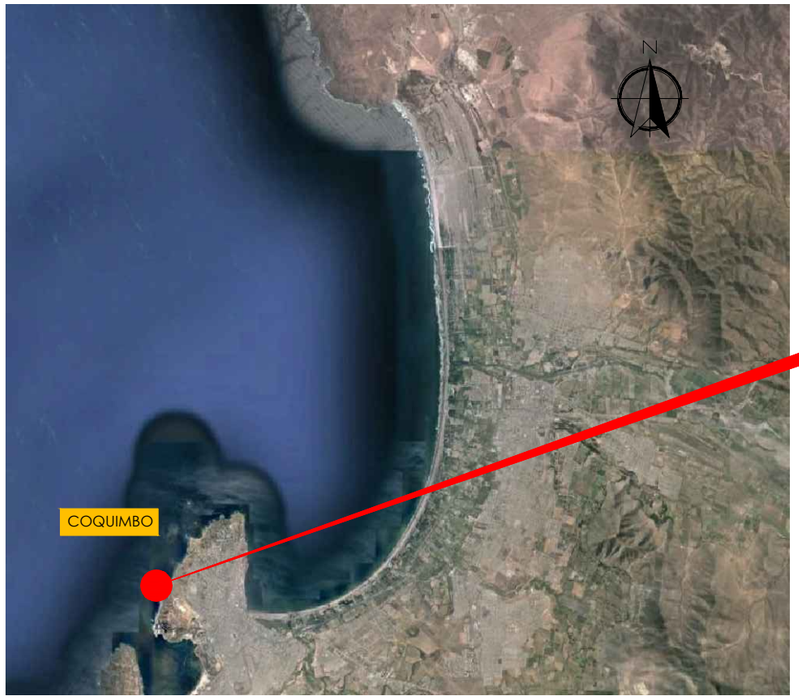
PLANTA REUTILIZACION DE AGUA DEPURADAS TIPO 1
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº3

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA		JULIO 2014	01PR14-2004-A14	1 de 1	01

01PR14-2004-A14-Localización-RUS00-Punto3-tipo1_rv01.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500



LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

N

01 DEPÓSITO AGUA BRUTA
02 EDIFICIO DE FANGOS
03 EDIFICIO REACTIVOS Y SERVICIOS
04 FILTRACIÓN
05 PRAT FISICO QUÍMICO
06 COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN
07 DECANTACIÓN LAMELAR
08 EDIFICIO DE CONTROL

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
DEPÓSITO DE AGUA BRUTA	1835
EDIFÍCIO DE FANGOS Y CONTROL	890
AREA DE TRATAMIENTO	2305
EDIFICIO REACTIVOS Y SERVICIOS	1060

0 75 150 m

N°	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN
DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Agua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS TIPO 2
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO N°3

Escala	Formato	Fecha	Plano N°	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	JULIO 2014	01PR14-2004-A15	1 de 1	01

01PR14-2004-A15-Localización-RU500-Punto3-Tipo2_rv01.dwg

Anexo 1.4.- Planos de Localización

Desalación y Reutilización 500 L/s

01PR14-2004-A16-DE_UF-RU_tipo1-Punto1_rv01.dwg

01PR14-2004-A17-DE_UF-RU_tipo1-Punto3_rv01.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

N

01 OBRA DE LLEGADA	14 CCM1 Y SALA DE COMPRESORES
02 TAMIZADO DE AGUA BRUTA	15 DAF
03 DEPÓSITO DE AGUA BRUTA	16 EDIFICIO DE BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 CÁMARAS DE AIREACIÓN	17 ULTRAFILTRACIÓN PREVIA R.O.
05 CÁMARAS DE MEZCLA Y FLOCULACIÓN	18 LIMPIEZA QUÍMICA
06 ULTRAFILTRACIÓN	19 ÓSMOSIS INVERSA
07 FILTROS DE ARENA	20 DOSIFICACIÓN QUÍMICA R.O.
08 DEPÓSITO DE AGUA FILTRADA	21 EDIFICIO ELÉCTRICO
09 EDIFICIO DE CONTROL Y PERSONAL	22 POST-TRATAMIENTO
10 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	23 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
11 HOMOGEINIZACIÓN DE FANGOS	24 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO DE REACTIVOS	25 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
13 TRATAMIENTO DE FANGOS	

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	1750
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	4060
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
LLEGADA, TRATAMIENTO Y SALA DE COMPRESORES Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN REUTILIZACIÓN	1425
DEPÓSITO DE AGUA BRUTA Y EDIFÍCIO DE CONTROL	2690
CÁMARAS DE AIREACIÓN, MEZCLA Y FLOCULACIÓN, TRATAMIENTO DE FANGOS Y EDIFICIO DE REACTIVOS.	2275
FILTROS CARBÓN ACTIVO Y DEPÓSITO AGUA FILTRADA Y HOMOGENEIZACIÓN DE FANGOS	1310
ULTRAFILTRACIÓN REUTILIZACIÓN	2285
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	4785

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION PATRIMONIAL Coquimbo

Preparado por: Agua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 500 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN Y PLANTA REUTILIZACIÓN TIPO 1
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº1

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA	A1	JULIO 2014	01PR14-2004-A16	1 de 1	01

01PR14-2004-A16-DE-IF-RU_tipo1-Punto1.r.v01.dwg

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

N

01 OBRA DE LLEGADA	14 CCM1 Y SALA DE COMPRESORES
02 TAMIZADO DE AGUA BRUTA	15 CAPTACIÓN
03 DEPÓSITO DE AGUA BRUTA	16 DAF
04 CÁMARAS DE AIREACIÓN	17 EDIFICIO DE BOMBEO BAJA PRESIÓN
05 CÁMARAS DE MEZCLA Y FLOCULACIÓN	18 ULTRAFILTRACIÓN PREVIA R.O.
06 ULTRAFILTRACIÓN	19 LIMPIEZA QUÍMICA
07 FILTROS DE ARENA	20 ÓSMOSIS INVERSA
08 DEPÓSITO DE AGUA FILTRADA	21 DOSIFICACIÓN QUÍMICA R.O.
09 EDIFICIO DE CONTROL Y PERSONAL	22 EDIFICIO ELÉCTRICO
10 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	23 POST-TRATAMIENTO
11 HOMOGEINIZACIÓN DE FANGOS	24 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO DE REACTIVOS	25 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
13 TRATAMIENTO DE FANGOS	26 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	1750
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	4060
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260
LLEGADA, TRATAMIENTO Y SALA DE COMPRESORES Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN REUTILIZACIÓN	1425
DEPÓSITO DE AGUA BRUTA Y EDIFÍCIO DE CONTROL	2690
CÁMARAS DE AIREACIÓN, MEZCLA Y FLOCULACIÓN, TRATAMIENTO DE FANGOS Y EDIFICIO DE REACTIVOS.	2275
FILTROS CARBÓN ACTIVO Y DEPÓSITO AGUA FILTRADA Y HOMOGENEIZACIÓN DE FANGOS	1310
ULTRAFILTRACIÓN REUTILIZACIÓN	2285
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	4785

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

0 75 150 m

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Aqua Advise / IASUR

Título de Plano

PLANTA DESALADORA 500 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN Y PLANTA REUTILIZACIÓN TIPO 1
LOCALIZACIÓN PUNTO DE ESTUDIO Nº3

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
INDICADA		JULIO 2014	01PR14-2004-A17	1 de 1	01

01PR14-2004-A17-DE_UF-RU_tipo1-Punto3_rev01.dwg

2.- INFORME TÉCNICO DE IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DESALADORA

01PR14-2101-DE_Informe_rv00.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: INFORME TÉCNICO DE IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DESALADORA

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2101-DE_Informe_rv00.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	MCM	01-07-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 5

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ÓSMOSIS 6

2.1.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 7

3. DIAGRAMA DE BLOQUES 8

4. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE PROCESO 9

4.1.- CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR 9

4.1.1.- Captación abierta 10

4.1.2.- Captación cerrada 12

4.2.- TAMICES DE CAPTACIÓN 14

4.2.1.- Rejas de desbaste 14

4.2.2.- Tamices rotativos 14

4.2.3.- Compuertas de mantenimiento 15

4.3.- ESTACIÓN DE BOMBEO DE CAPTACIÓN 16

4.4.- DISSOLVED AIR FLOTATION – DAF 16

4.4.1.- Coagulación 17

4.4.2.- Floculación 17

4.4.3.- Flotación 17

4.5.- FILTRACIÓN 18

4.5.1.- Filtros cerrados 18

4.5.2.- Filtros de cartucho 19

4.5.3.- Filtros autolimpiables 20

4.5.4.- Ultrafiltración 21

4.6.- PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA 22

4.6.1.- Bomba de alta presión 23

4.6.2.- Sistema de recuperación de energía 24

4.6.3.- Bomba de recirculación o booster 26

4.6.4.- Tubos de presión 27

4.6.5.- Membranas de ósmosis inversa 27

4.7.- LIMPIEZA QUÍMICA Y DESPLAZAMIENTO 28

4.8.- POSTRATAMIENTO 30

4.8.1.- Remineralización 30

4.8.2.- Desinfección 32

5. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE 33

6. INFORME TRADE-OFF 36

6.1.- CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR 37

6.2.- ESTACIÓN DE BOMBEO DE CAPTACIÓN 38

6.3.- TAMICES DE CAPTACIÓN 39

6.4.- PRETRATAMIENTO FÍSICO 40

6.5.- DAF 41

6.6.- BOMBEO DE BAJA PRESIÓN 42

6.7.- FILTROS ARENA – ANTRACITA + FILTROS DE CARTUCHO 43

6.8.- LIMPIEZA DE FILTROS DE ARENA – ANTRACITA 44

6.9.- FILTROS AUTOLIMPIABLES + ULTRAFILTRACIÓN 45

6.10.- LIMPIEZA DE LA ULTRAFILTRACIÓN 46

6.11.- PRETRATAMIENTO QUÍMICO 47

6.11.1.- Hipoclorito sódico 47

6.11.2.- Cloruro férrico 48

6.11.3.- Polielectrolito 48

6.11.4.- Bisulfito sódico 48

6.11.5.- Antincrustante 49

6.11.6.- Hidróxido sódico 50

6.12.- PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA 51

6.12.1.- Bomba pre-booster 52

6.12.2.- Bomba de alta presión 53

6.12.3.- Bomba booster 54

6.12.4.- Recuperación de energía - ERD 55

6.12.5.- Membranas OI 56

6.12.6.- Tubos de presión 56

6.13.- LIMPIEZA QUÍMICA Y DESPLAZAMIENTO 57

6.14.- POSTRATAMIENTO 58

6.14.1.- Aplicación de CO_2 58

6.14.2.- Filtros de dolomita 60

6.14.3.- Desinfección 61

7. VERTIDO DE SALMUERA Y EFLUENTES 62

7.1.- ESTUDIO DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LA PLANTA 62

7.2.- TRATAMIENTO DE FANGOS, RESIDUOS Y RESTO DE EFLUENTES 63

8. ALMACENAMIENTO DE AGUA PRODUCTO 64

9. INSTALACIÓN ELÉCTRICA PLANTA DESALADORA 64

10. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA PLANTA DESALADORA 66

11. LAYOUT DE LAS INSTALACIONES 66

1. INTRODUCCIÓN

"El estudio técnico-económico comparativo entre la instalación de una planta desaladora y una planta de reutilización de aguas depuradas", contempla la realización de un informe de viabilidad técnico-económico de una planta desaladora de agua de mar de 1.000 L/s de producción, ubicada en el sector costero de la conurbación La Serena –Coquimbo.

Imagen 1. Conurbación La Serena - Coquimbo.

Según se indica en la Oferta Técnica presentada por AQUA ADVISE durante la licitación del Estudio, el alcance del informe técnico de implantación de la planta desaladora incluye los siguientes puntos:

a) Descripción del proceso de ósmosis.
b) Diagrama de bloques.
c) Descripción de las principales instalaciones que componen el proceso de ósmosis.
d) Legislación y normativa aplicable.
e) Informe "trade-off".
f) Vertido de salmuera y efluentes.
    - Estudio de los efluentes generados por la planta
    - Requerimientos de calidad para los efluentes de la planta, según la legislación vigente
g) Almacenamiento de agua producto.
h) Instalación eléctrica planta desaladora.
    - ratio de consumo de la planta,
    - ratio de consumo de equipos y bombas principales
    - listado de los principales equipos eléctricos

i) "Lay-out" preliminar de la planta desaladora.

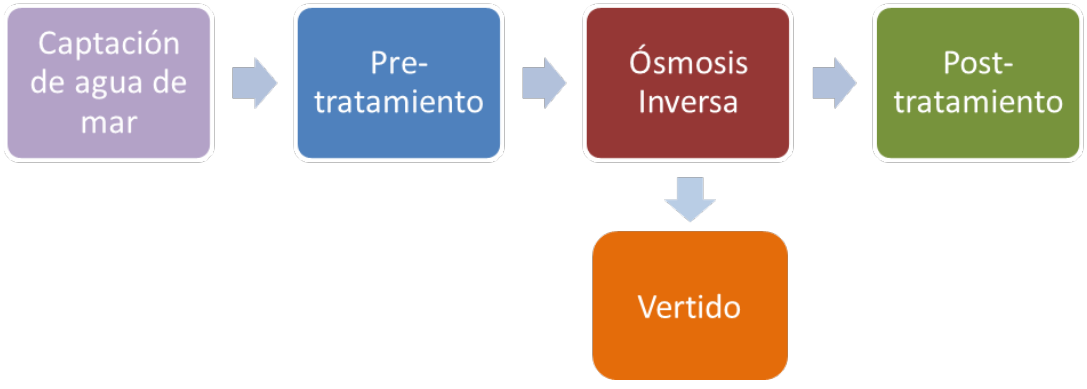
Dentro del Segundo Informe de Avance, AQUA ADVISE ha desarrollado un documento siguiendo el esquema del informe técnico de implantación de la planta desaladora.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ÓSMOSIS

La desalación por ósmosis inversa como medio para convertir agua de mar en un recurso hídrico aprovechable para el consumo humano, procesos industriales y la agricultura, se ha convertido en una alternativa utilizada en muchas economías del mundo, donde la escasez de agua es limitante para el desarrollo y el progreso.

La instalación de una planta desaladora está formada por las siguientes unidades de proceso:

- Captación del agua de mar y bombeo de alimentación a la planta desaladora.
- Pretratamiento físico y químico del agua de mar para adecuar las características físico-químicas y biológicas del agua captada a las necesidades del proceso de desalación.
- Proceso de ósmosis inversa, para convertir el agua de mar filtrada en permeado y salmuera.
- Postratamiento para acondicionar el agua permeada a la calidad del agua potable de consumo humano.
- Vertido y tratamiento de efluentes.



La descripción detallada de cada etapa del proceso desalación, de las instalaciones y de los equipos principales se incluye en los apartados siguientes.

2.1.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto de instalación de la planta desaladora se justifica debido a los siguientes temas:

- Uso de infraestructura existente: La posibilidad de aprovechar el uso de los emisarios de la planta de tratamiento primario de La Serena o de la planta de Coquimbo.
- El incremento de la demanda de agua: En la Región ha habido un aumento de la población y de inversiones, fundamentalmente del sector agrícola, turismo y minero.
- Oferta limitada de agua: La disponibilidad de agua en la Región es limitada, lo que restringe el desarrollo de nuevas actividades.
- La utilización de fuentes alternativas para la producción de agua: El uso de agua de mar como fuente confiable de agua para consumo, se ha transformado en una alternativa técnica y económicamente factible.
- Suministro de agua potable independiente de sequías: La desalación de agua de mar es una tecnología confiable que permite asegurar el suministro de agua potable a la población.
- Tecnología probada en numerosas instalaciones en Chile y mundialmente.

3. DIAGRAMA DE BLOQUES

En una instalación de desalación por ósmosis inversa se pueden distinguir las siguientes etapas:

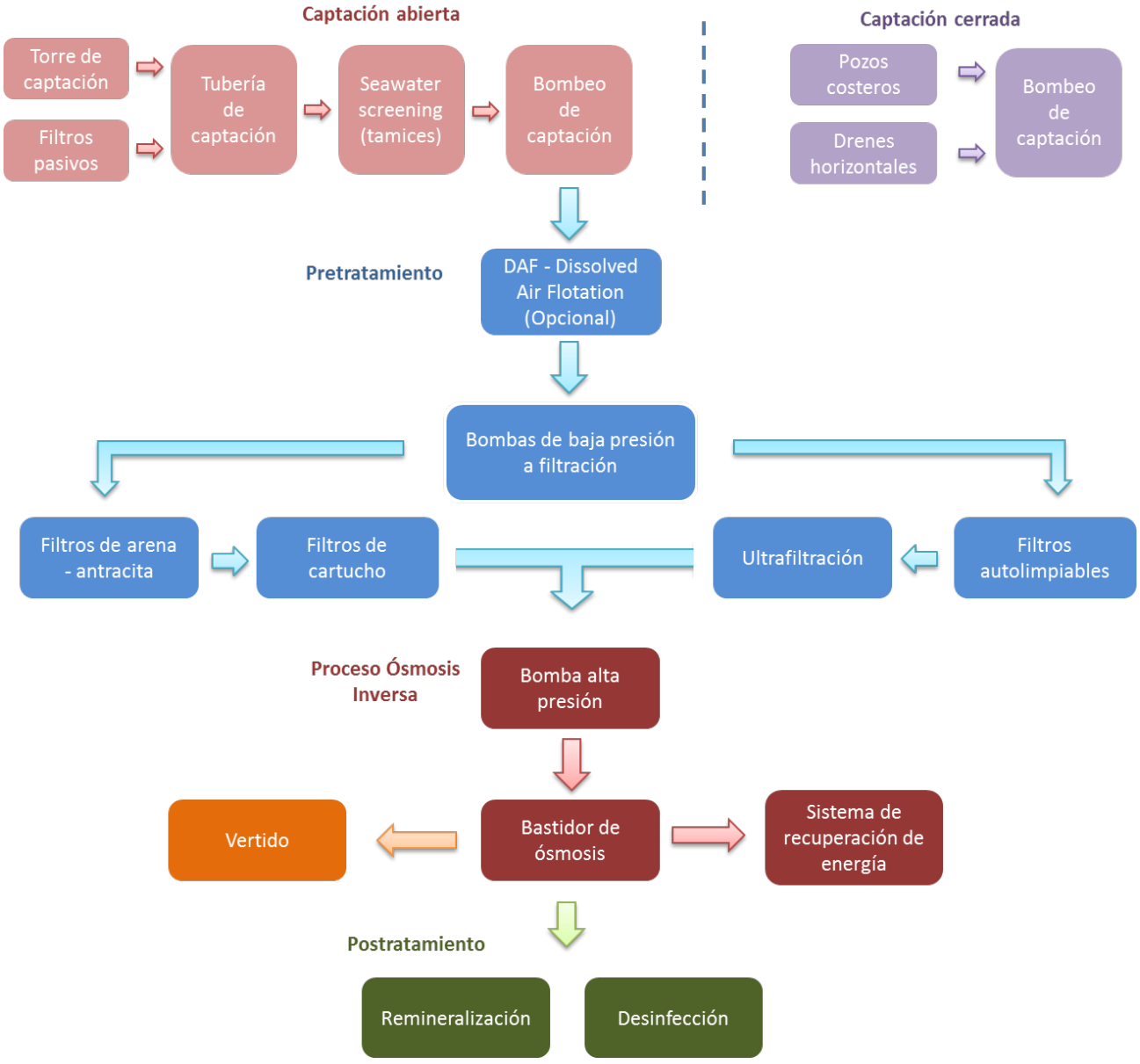


Imagen 2. Diagrama de bloques proceso de ósmosis inversa.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE PROCESO

4.1.- CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR

La captación de agua de mar es uno de los principales factores a tener en cuenta para la definición del proceso de desalación. Las bases de diseño han de fijar como objetivos:

- Asegurar un caudal de alimentación con flexibilidad suficiente para ajustarse a las necesidades de producción de la planta desaladora.
- Mantener constantes las características físico-químicas del agua de captación.
- Evitar el arrastre de materia orgánica y sólidos en suspensión.

La captación de agua de mar puede ser abierta o cerrada. Las principales diferencias entre los dos tipos de captación se resumen en la tabla siguiente:

CAPTACIÓN CERRADA	CAPTACIÓN ABIERTA
• Agua con buena calidad física como consecuencia de la acción filtrante del terreno	• Contenido en sólidos en suspensión importante y variable
• Mínima actividad orgánica y biológica	• Importante actividad biológica y presencia de materia orgánica
• Baja concentración de oxígeno disuelto	• Mayor exposición a la contaminación
• Mejor estabilidad de temperaturas que en toma abierta	• Importante concentración de oxígeno disuelto
• Limitada a las características del terreno	• Temperaturas más variables
• Posibles pérdidas de caudal con el paso del tiempo	• Caudal de captación garantizado

Tabla 1. Diferencias entre captación cerrada y abierta.

Como se indica en la tabla 1, una captación cerrada proporciona un agua de mejor calidad. Esto se debe a que el terreno actúa como un filtro natural al paso de agua de mar. El principal inconveniente es la imposibilidad de garantizar caudales de captación elevados. A falta de realizar el estudio de la captación de agua de mar, el caudal de producción de agua potable de 1.000 L/s presupone la instalación de una toma de captación abierta.

El diseño del proceso de ósmosis, la selección de los equipos de proceso y los costes de operación y mantenimiento de la planta desaladora dependerán del tipo de captación elegido.

4.1.1.- Captación abierta

Se utiliza cuando la falta de permeabilidad del suelo no permite garantizar el caudal de captación de diseño, descartando así la utilización de una captación cerrada. La instalación se compone de un ducto de inmisario de agua de mar y de torre de captación o filtro pasivos.

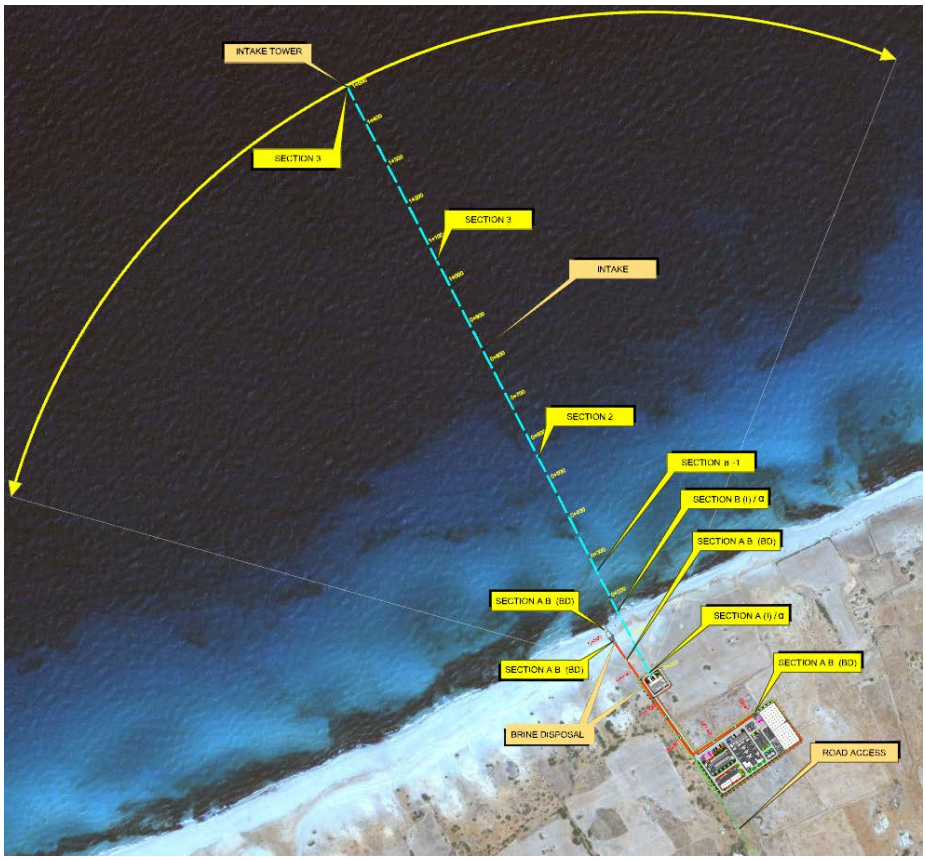


Imagen 3. Captación abierta. Planta desaladora agua de mar.

4.1.1.1.- Torre de captación

Es el primer elemento de una captación con toma abierta. Minimiza la entrada de medusas, peces o sólidos grandes en la tubería de captación. La entrada de agua a la torre de captación se diseña con velocidades muy bajas para evitar el arrastre de sólidos en suspensión.

Para reducir la entrada de medusas que puedan bloquear la entrada de agua, se instalan sistemas de inyección de aire a presión, que forman una pantalla de burbujas a la entrada de la torre de captación.

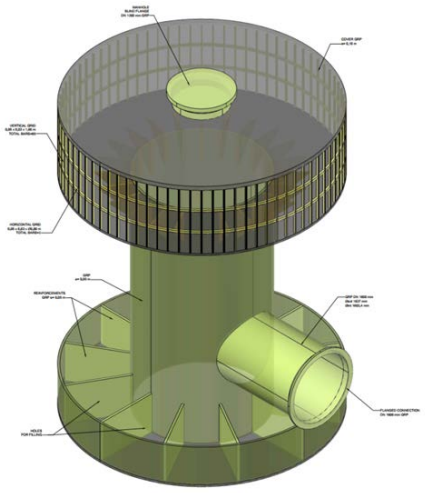


Imagen 4. Torre de captación – Diseño 3D.

La profundidad de instalación de la torre debe asegurar una captación de agua de mar con características físico-químicas estables, y a la vez evitar el arrastre de sólidos y arena del fondo marino junto con el agua de mar.

4.1.1.2.- Filtros pasivos

Instalados en la aspiración de la tubería de captación, son una alternativa a la torre de captación cuando la longitud del inmisario es pequeña y las pérdidas de carga son admisibles.

Su principal ventaja es evitar la instalación de los tamices y rejas de desbaste, e incluso la construcción de la cántara de captación.

La profundidad de instalación de los filtros pasivos debe asegurar una captación de agua de mar con características físico-químicas estables, independientes de mareas, cambios de estación, temperatura, etc.

Imagen 5. Filtro pasivo para captación.

4.1.1.3.- Dique

Un dique es una barrera que rodea la línea de costa y que permite el paso de agua pero no de vida marina. Los diques se diseñan para permitir el paso de caudal suficiente mientras se mantiene una velocidad de aproximación muy baja. Deben ser resistentes a las olas y a las corrientes y su construcción puede afectar a la dinámica de la línea de costa, lo que obliga a hacer un estudio costero.

4.1.2.- Captación cerrada

Tal y como se ha indicado en puntos anteriores, para la captación de una planta desaladora de 1.000 L/s de producción se optará por una toma abierta para garantizar el caudal necesario. En cualquier caso y a modo informativo se incluyen a continuación los sistemas de captación cerrada utilizados en otros proyectos a nivel mundial.

4.1.2.1.- Pozos costeros

Una captación por pozos costeros consiste en perforaciones verticales cerca de la línea de costa. El agua de mar se filtra a través del terreno que rodea al pozo. La calidad del agua de mar proporcionada por los pozos costeros es excelente, debido a que el terreno actúa como un filtro natural reduciendo el contenido en sólidos en suspensión, algas y cualquier otro elemento presente en una captación abierta.

Los principales inconvenientes de este tipo de captación son:

- Es necesario un estudio hidrogeológico exhaustivo para definir la ubicación de los pozos.
- El caudal aportado por cada pozo costero es bajo. Para plantas desaladoras con caudales de producción altos, es necesario la instalación de un gran número de pozos costeros.
- Tienen una vida útil de operación menor que una captación abierta.

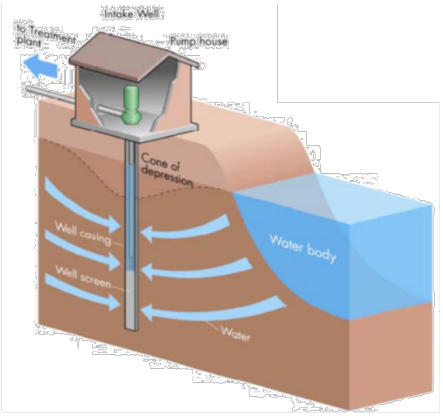


Imagen 6. Pozo costero.

4.1.2.2.- Drenes horizontales

Este tipo de captación consiste en perforaciones horizontales bajo el fondo marino en una capa permeable. En dichas perforaciones se introducen tuberías de polietileno de alta densidad con orificios. El agua se obtiene por filtrado a través del estrato permeable. El agua de mar captada tiene una calidad excelente debido a que el terreno actúa como un filtro natural.

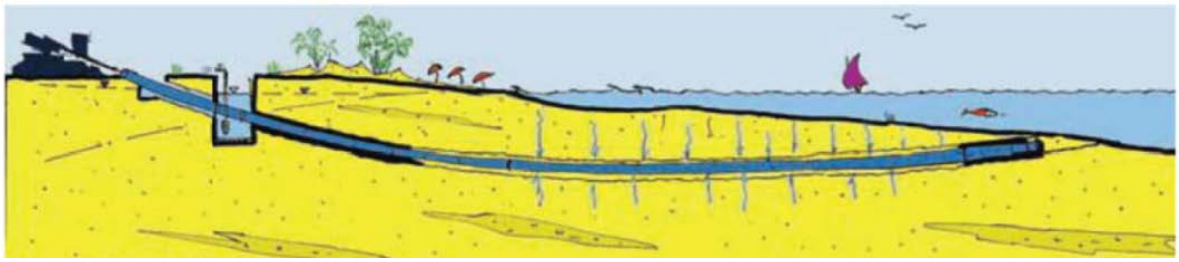


Imagen 7. Sección de captación por drenes horizontales.

De la misma manera que la captación por pozos costeros, los drenes horizontales no son una solución factible para plantas desaladoras con un caudal de captación elevado por la limitación de caudal unitario por cada dren y su posible colmatación con el tiempo, provocando disminuciones del caudal de alimentación a planta y las correspondientes pérdidas de rendimiento.

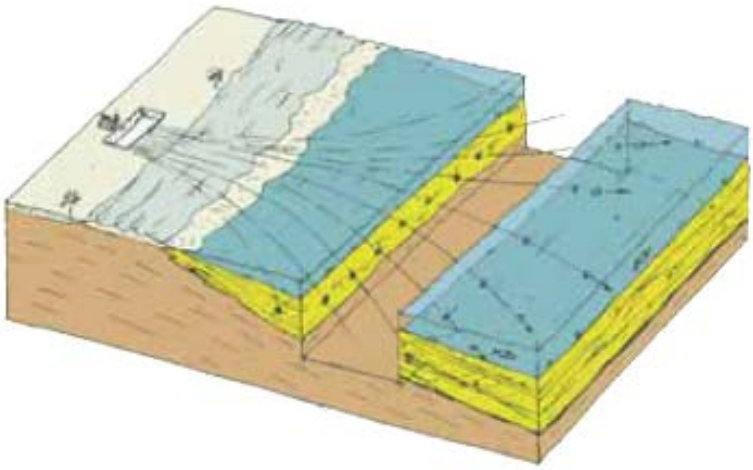


Imagen 8. Disposición de captación por drenes horizontales.

4.2.- TAMICES DE CAPTACIÓN

Dentro de la etapa de pretratamiento, el objetivo de los tamices de captación es proteger contra elementos de gran tamaño que pudieran ser arrastrados durante la captación de agua de mar, como algas, bancos de medusas, escombros y cualquier elemento que pudiera obstruir tuberías, bombas u otros equipos del proceso de pretratamiento. Los tamices están compuestos principalmente de los siguientes elementos:

- Rejas de desbaste
- Tamices rotativos
- Compuertas de mantenimiento

4.2.1.- Rejas de desbaste

Las rejas de desbaste tienen la misión de retener los cuerpos de gran volumen (tamaños mayores de 25-50 mm) que arrastra consigo el agua de mar. La limpieza y mantenimiento de las rejas se realiza mediante un rascador, que retira cualquier elemento atrapado en las rejas.

Imagen 9. Rejas de desbaste y rascador.

4.2.2.- Tamices rotativos

El agua fluye desde las caras externas del tamiz hacia el interior y sale a través de la abertura aguas abajo. A medida que los sólidos son retenidos en el tamiz, la pérdida de carga aumenta gradualmente. Para la limpieza del tamiz, éste gira hasta llevar el escombro a la plataforma de mantenimiento, donde un sistema de inyección de agua a presión limpia el tamiz. El escombro es recogido en contenedores.

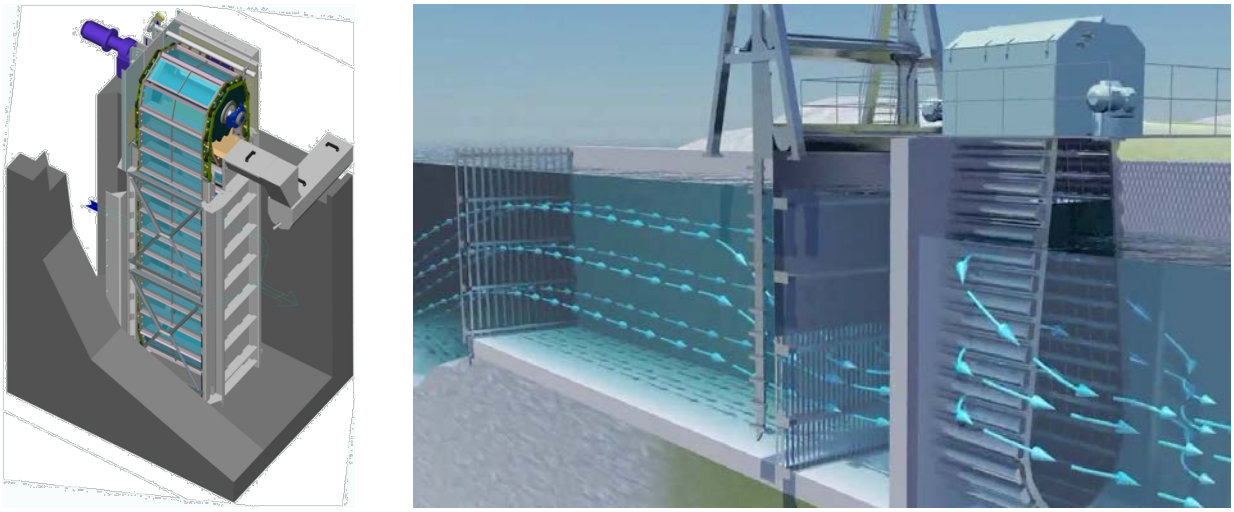


Imagen 10. Tamices rotativos.

4.2.3.- Compuertas de mantenimiento

Tienen como objetivo aislar cada una de las cámaras de tamizado y permitir su mantenimiento. Están formadas por guías ancladas a la obra civil y de material resistente a la corrosión por agua de mar, y por las propias compuertas, normalmente de acero al carbono pintadas.

Imagen 11. Compuertas de mantenimiento.

4.3.- ESTACIÓN DE BOMBEO DE CAPTACIÓN

Se distinguen dos tipos de bombas para la captación de agua de mar:

- Bombas sumergidas
- Bombas de superficie

Aunque el uso de bombas en superficie requiere mayor obra civil en la cántara de captación, las ventajas de estas bombas son la facilidad de mantenimiento y que sólo las partes internas de la bomba están en contacto con agua de mar.

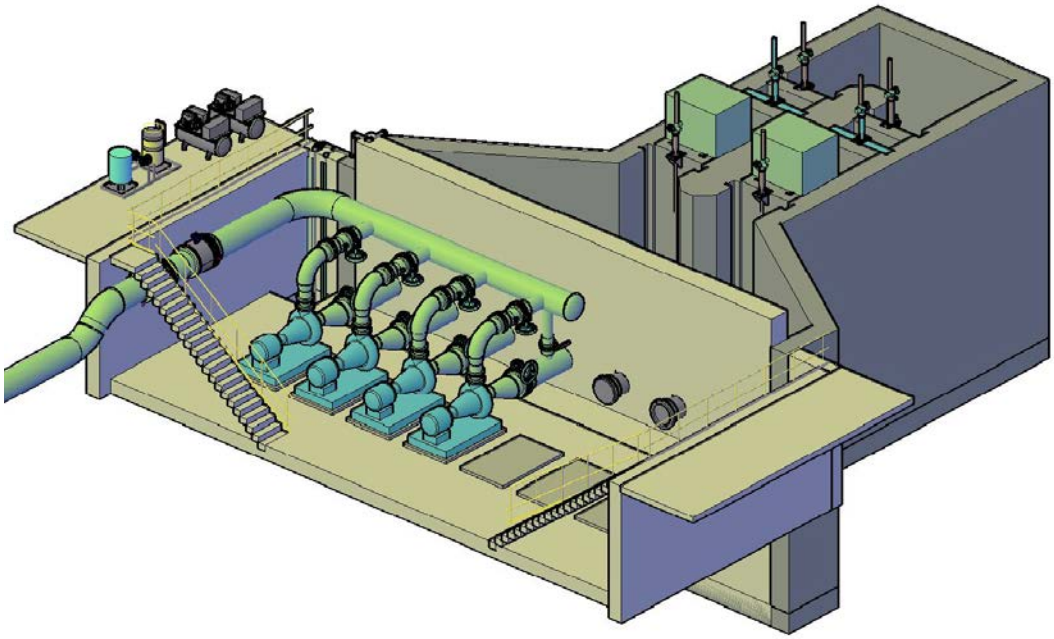


Imagen 12. Estación de bombeo de captación y tamices de captación. Modelo 3D.

4.4.- DISSOLVED AIR FLOTATION – DAF

"DAF – Dissolved Air Flotation" es una instalación de clarificación usada en tratamiento de agua de mar y aguas residuales para la eliminación de materia en suspensión, aceites, grasas, bancos de algas (marea roja) y sólidos.

En una instalación DAF hay que distinguir las fases de coagulación, floculación y flotación.

4.4.1.- Coagulación

La coagulación-floculación es un proceso que sirve, conjuntamente con la decantación y la filtración, para la eliminación de sustancias coloidales tanto inorgánicas como orgánicas que podrían llegar a ensuciar las etapas posteriores del pretratamiento.

La coagulación es el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas. El producto utilizado para esta neutralización es el coagulante. Los coagulantes principalmente utilizados son sales de aluminio o de hierro.

Para la adecuada mezcla del coagulante, se instalan agitadores en los vasos de coagulación.

4.4.2.- Floculación

La floculación es la agrupación de las partículas descargadas al ponerse en contacto unas con otras, dando lugar a la formación de flóculos capaces de ser retenidos en la fase de flotación.

La separación sólido-líquido del flóculo formado y del agua puede hacerse por filtración, por decantación o por flotación.

4.4.3.- Flotación

La flotación es la parte del proceso en la que los flóculos formados en las etapas previas son eliminados mediante una corriente de agua presurizada y saturada de aire. Este caudal de agua proviene del agua clarificada a la salida del DAF y normalmente supone un 12% del caudal tratado.

Las pequeñas burbujas generadas ascienden en un flujo laminar capturando los flóculos, reduciendo así su densidad total haciéndolos ascender a la superficie, en la cual se crea una capa de lodos que se elimina mediante un rascador y/o chorros de agua a presión.

4.5.- FILTRACIÓN

En este apartado se exponen las diferentes alternativas en las etapas de filtración como paso previo al proceso de ósmosis inversa. La selección y combinación de las tecnologías disponibles dependerá de la calidad del agua de mar procedente del sistema de captación.

4.5.1.- Filtros cerrados

Con el fin de eliminar los sólidos que podrían estar presentes en el agua de aporte se procede a su filtración sobre un lecho mixto de arena y antracita.

La filtración cerrada se caracteriza por el uso de recipientes presurizados que albergan el lecho filtrante. Su diseño viene condicionado por la velocidad de filtración que determina la superficie filtrante necesaria. Suelen fabricarse en acero al carbono con recubrimiento interno resistente a la corrosión (ebonita, resina epoxi,...), debido a sus propiedades mecánicas que permiten operar al filtro bajo condiciones de presión. Durante los últimos años, existen diferentes experiencias de fabricación de filtros de gran tamaño en poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Cada filtro alberga en su interior una placa soporte equipada con boquillas, sobre la cual se sitúa el lecho filtrante.

Imagen 13. Filtros cerrados – Desaladora La Marina (Murcia–ESPAÑA).

El uso combinado de distintos materiales en las capas filtrantes otorga una mayor capacidad de filtración frente a lechos sencillos de arena silícea. Esto es debido a que, en el caso del uso de arena-antracita, las

partículas ligeras de mayor tamaño son retenidas en la capa superior de antracita, mientras que las más finas y pesadas se retienen en la capa inferior de arena. Esto permite aprovechar de forma más eficiente el espacio filtrante, en vez de ser efectivos sólo unos centímetros de la parte superior del lecho.

4.5.2.- Filtros de cartucho

La filtración de seguridad asegura la protección de las membranas de ósmosis inversa contra problemas no detectados en etapas anteriores de pre-tratamiento.

Imagen 14. Filtros de cartucho bobinado y extrusionado.

Los cartuchos filtrantes son comúnmente de polipropileno bobinado o extrusionado y se presentan en longitudes de 250 a 1750 mm, siendo los más comunes 1000 y 1250 mm con grados de filtración que abarcan desde 1 a 50 micras.

Los filtros de cartucho se presentan en recipientes que pueden ser de PVC para pequeños tamaños y de acero o poliéster para una capacidad superior a los 35 cartuchos filtrantes.

Imagen 15. Cuerpos de filtros de cartucho.

Los filtros de cartucho pueden llevar un sistema de montaje tipo “espada” en el cual los cartuchos van montados en un soporte extraíble que permite su rápida y fácil extracción e inserción en el cuerpo del filtro.

Imagen 16. Sistema “espada” de montaje de cartuchos.

La limpieza de los filtros de cartucho no es posible, y es necesaria su reposición. La frecuencia de estos cambios dependerá de la calidad de agua de mar procedente de las etapas previas.

4.5.3.- Filtros autolimpiables

En los filtros autolimpiables el agua de mar entra desde ambos extremos al interior de las velas filtrantes. De este modo las partículas en suspensión a eliminar quedan retenidas en toda la longitud de la vela en su lado interior. Cuando la superficie de la vela filtrante alcanza un nivel y se hace necesaria la limpieza del filtro, se inicia automáticamente el proceso de lavado a contracorriente. Un motor reductor pone en marcha el dispositivo de limpieza. El brazo de cobertura se desliza sobre el extremo superior abierto de la vela filtrante. En el extremo inferior se gira simultáneamente el brazo de lavado y se abre la válvula de salida de lodos. De esta manera en el elemento filtrante se origina una fuerte corriente en sentido axial. Por la diferencia de presión entra simultáneamente en contracorriente una cantidad reducida de agua desde arriba de la vela.

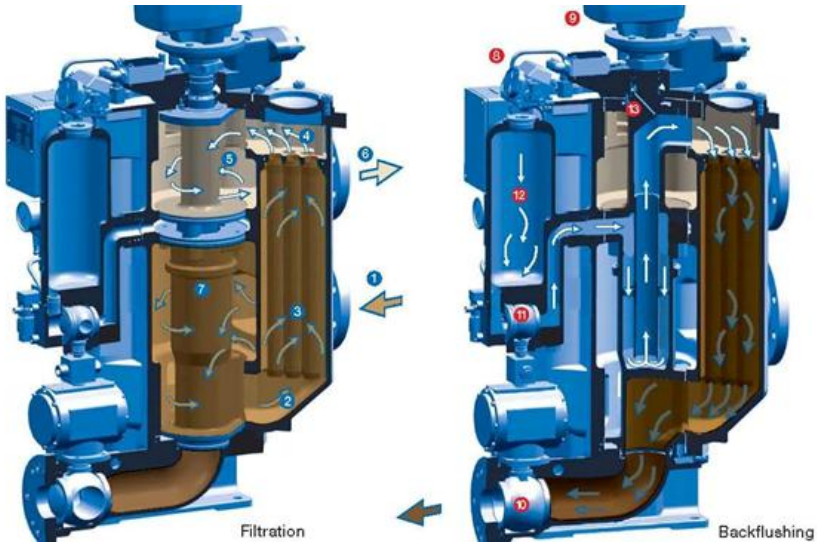


Imagen 17. Filtro autolimpiable. Modo filtración (izq.) y limpieza a contracorriente (dcha.).

4.5.4.- Ultrafiltración

La ultrafiltración es un tipo de filtración por membranas en la cual la presión hidrostática fuerza al agua de mar contra una membrana semipermeable. Los sólidos suspendidos y los solutos de alto peso molecular son retenidos, mientras que el agua de mar y los solutos de bajo peso molecular atraviesan la membrana.

Dependiendo de la geometría de las membranas de ultrafiltración, se pueden clasificar en membranas de enrollamiento espiral, tubulares o de fibra hueca, siendo estas últimas las más utilizadas.

Imagen 18. Sistema de Ultrafiltración.

4.6.- PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA

En este proceso se lleva a cabo la separación de sales mediante el paso del agua de mar a alta presión por las membranas de ósmosis inversa, obteniendo un caudal de agua osmotizada de baja concentración en sales y un caudal de rechazo o salmuera, con alto contenido en sales.

En el proceso de ósmosis inversa intervienen los siguientes equipos:

- Bomba de alta presión.
- Sistema de recuperación de energía.
- Bomba booster o de recirculación.
- Bastidor de ósmosis inversa.
- Tubos de presión.
- Membranas de ósmosis inversa.

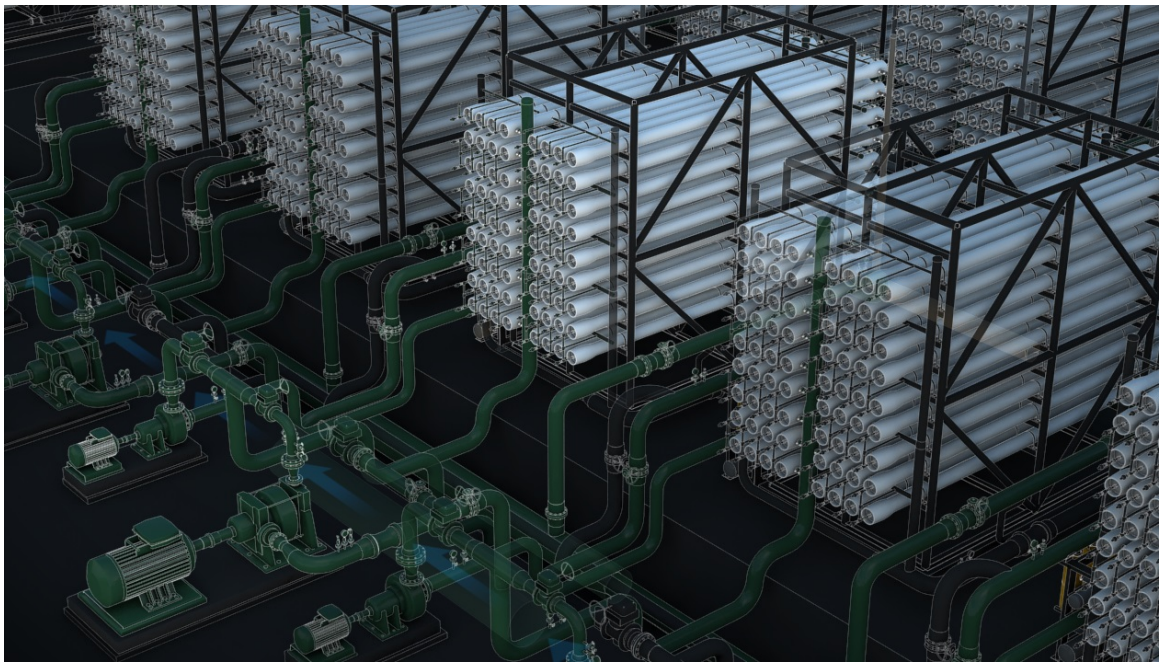


Imagen 19. Bastidores de Ósmosis - Modelo 3D.

4.6.1.- Bomba de alta presión

La bomba de alta presión es el equipo de mayor consumo eléctrico de la planta desaladora y tiene la misión de elevar la presión del agua de mar filtrada antes de su entrada a membranas.

Las características de la bomba deben asegurar una eficiencia óptima bajo todos los posibles modos de operación, que dependen principalmente de:

- *Edad de las membranas de ósmosis inversa.*- El ensuciamiento de las membranas se incrementa a lo largo del tiempo con el funcionamiento de la planta, lo que se traduce en un aumento de la presión requerida para obtener el mismo caudal de permeado.
- *Salinidad*.- Los cambios en el TDS del agua de captación afectan a la presión de operación.
- *Temperatura*.- Los cambios estacionales de temperatura del agua de captación modifican las presiones de operación. A menor temperatura del agua de captación, mayor presión de operación.

La bomba de alta presión debe ser capaz de cumplir con estos requerimientos, lo que hace necesario el uso de un control de la presión a la salida de la bomba. Las principales técnicas usadas son:

- **Válvula de control.** La instalación de una válvula en la descarga de la bomba permite controlar la presión de alimentación a membranas, pero es energéticamente ineficiente ya que parte de la presión generada por la bomba de alta presión se pierde en la válvula.
- **Variador de frecuencia (VFD).** Suele utilizarse en plantas de pequeño tamaño debido al elevado coste de los variadores para motores de alta potencia y media tensión, y por los costes de mantenimiento y pérdida de eficiencia a bajas velocidades.
- **Bomba pre-booster.** Una de las últimas tendencias en la tecnología de ósmosis inversa es utilizar dos bombas en serie en vez de una única bomba. La bomba principal genera la mínima presión necesaria para el proceso de ósmosis (membranas nuevas, baja salinidad, alta temperatura). La bomba pre-booster, instalada antes que la bomba principal, proporciona la presión adicional debida a la variación en las condiciones de operación del proceso (edad de las membranas, variación de temperatura del agua de mar, aumento de la salinidad). Esta segunda bomba es controlada por un variador de frecuencia de baja tensión, lo que minimiza los costes y la caída de eficiencia a la vez que permite una selección de una bomba más eficiente.

4.6.2.- Sistema de recuperación de energía

El consumo de energía es el coste más elevado en la producción de una planta desaladora. El caudal de salmuera que se rechaza en el proceso de ósmosis inversa contiene la mayor parte de la energía proporcionada por las bombas de alta presión. Por este motivo, la recuperación de esta energía, en forma de presión residual, es uno de los factores de optimización en el diseño de una planta desaladora de agua de mar.

En los últimos años se utilizaban turbinas tipo Francis o Pelton que han quedado obsoletas al aparecer sistemas más fiables y eficientes como el turbocharger, intercambiadores de desplazamiento positivo y rotativo.

- **Turbocharger.** Este sistema consiste en dos volutas comunicadas por un mismo eje en cámaras separadas, donde una funciona como turbina del caudal de salmuera y la otra como bomba del caudal de agua de mar. El conjunto posee un bypass que permite el control y balance de los caudales.
- **Intercambiadores de desplazamiento positivo.** Este dispositivo separa el rechazo y la alimentación mediante un pistón, asegurando un intercambio mínimo entre ambos flujos. En este sistema, el caudal de alimentación se divide en dos, uno dirigido a la bomba de alta presión y otro entra en este dispositivo, donde la presión de la salmuera pasa al caudal de alimentación de forma alternada mediante el uso de válvulas especiales. El caudal impulsado por la bomba de alta presión se reduce en un 40%. La presión de salida de agua de mar del sistema de recuperación es ligeramente inferior al de descarga de la bomba de alta presión, por lo que se hace necesario una bomba booster que aporte esa diferencia de presión.

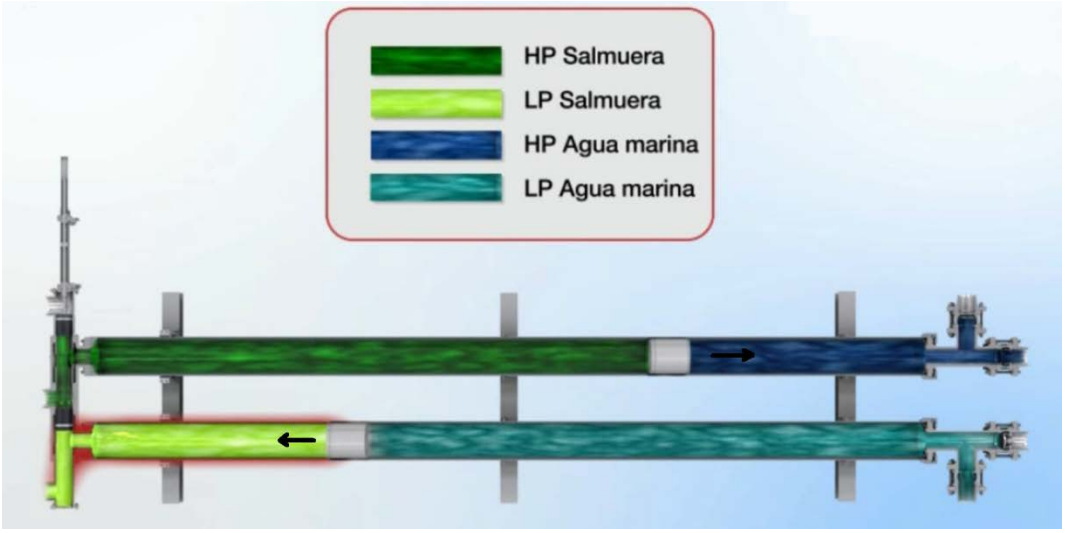


Imagen 20. Intercambiador de desplazamiento positivo.

- **Intercambiadores rotativos.** Consiste en un conjunto estator-rotor, en el cual la alta presión se transmite por contacto directo entre la salmuera y el agua de mar en las cámaras del rotor.

Imagen 21. Detalle del rotor del intercambiador rotativo.

Durante el proceso de intercambio se produce una pequeña mezcla entre la salmuera y el agua de mar. Al igual que en los intercambiadores de desplazamiento positivo se hace necesaria una bomba booster para alcanzar la presión de alimentación al bastidor de ósmosis inversa.

Actualmente, éste es el **sistema de recuperación de energía más utilizado en desalación**, por presentar los mejores rendimientos y por su alta fiabilidad.

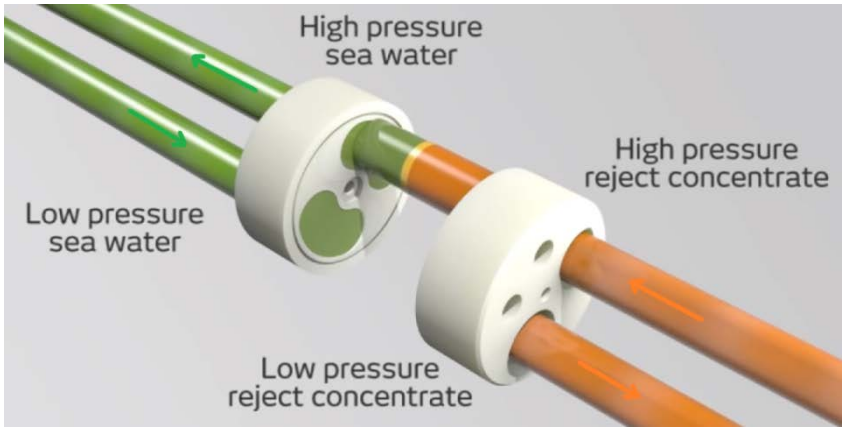


Imagen 22. Intercambiador rotativo.

4.6.3.- Bomba de recirculación o booster

El agua de mar procedente del recuperador de energía (ERD) tiene una presión inferior a la necesaria para el proceso de ósmosis en las membranas. Esta diferencia de presión entre la alimentación al bastidor de ósmosis inversa y el agua de mar procedente del ERD es debida a pérdidas de carga en el bastidor, en las membranas OI, en las tuberías y en el propio recuperador.

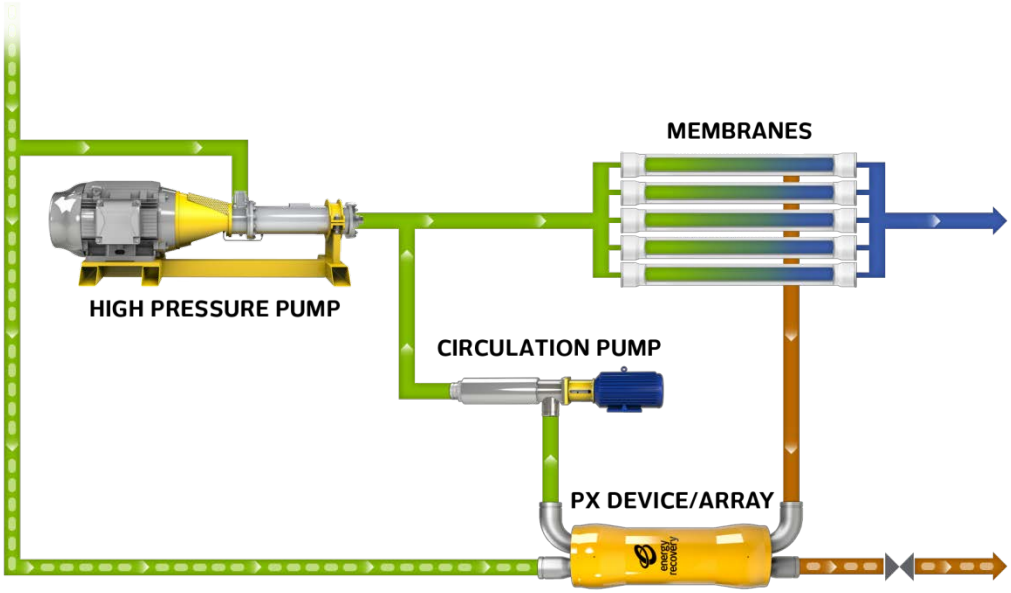


Imagen 23. Diagrama de flujo con recuperador de energía y bomba de circulación.

Para poder aprovechar el caudal recuperado y unirlo a la descarga de la bomba de alta, es preciso instalar una bomba de recirculación o booster, igualando así las presiones del caudal de agua de mar del ERD y de la descarga de la bomba de alta presión.

4.6.4.- Tubos de presión

Su función es la de alojar las membranas de ósmosis inversa y dirigir los flujos de caudal de alimentación, rechazo y permeado. Normalmente se fabrican en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) y se caracterizan por el número de membranas que albergan en su interior (de 1 a 8 elementos) y su diámetro (4, 8 y 16 pulgadas), así como por la presión de trabajo (de 75 a 1.200 psi). Según la configuración de los puertos de alimentación y rechazo, pueden clasificarse en tubos con puerto de salida frontal, lateral o multipuerto.

Imagen 24. Tubos de presión.

4.6.5.- Membranas de ósmosis inversa

Las membranas de ósmosis inversa son el principal elemento del proceso de desalación. La separación de sales se produce mediante el paso del agua de mar a alta presión por las membranas de ósmosis inversa, obteniendo un caudal de agua osmotizada de baja concentración en sales y un caudal de rechazo o salmuera, con alto contenido en sales.

Los elementos auxiliares para el montaje y operación de las membranas semipermeables son:

- *Espaciador de alimentación.* Tiene dos funciones, una es proporcionar un canal abierto al caudal de entrada de agua manteniendo una separación entre las hojas de la membrana, y la otra es la de mantener la sal y las restantes sustancias rechazadas en movimiento, impidiendo que se depositen en la superficie de la membrana.

- *Espaciador de permeado.* Proporciona un conducto para la recogida y el transporte del caudal de permeado de la membrana al tubo de permeado.
- *Tubo de permeado*. Es el conducto interior al que llega el permeado procedente de la membrana.
- *Tope anti-telescópico.* Montado a los extremos de la membrana enrollada, previene del movimiento axial relativo de sus láminas.
- *Conector de permeado.* Conecta los tubos de permeado de las membranas entre sí, permitiendo la salida del permeado de las distintas membranas en uno de los extremos.

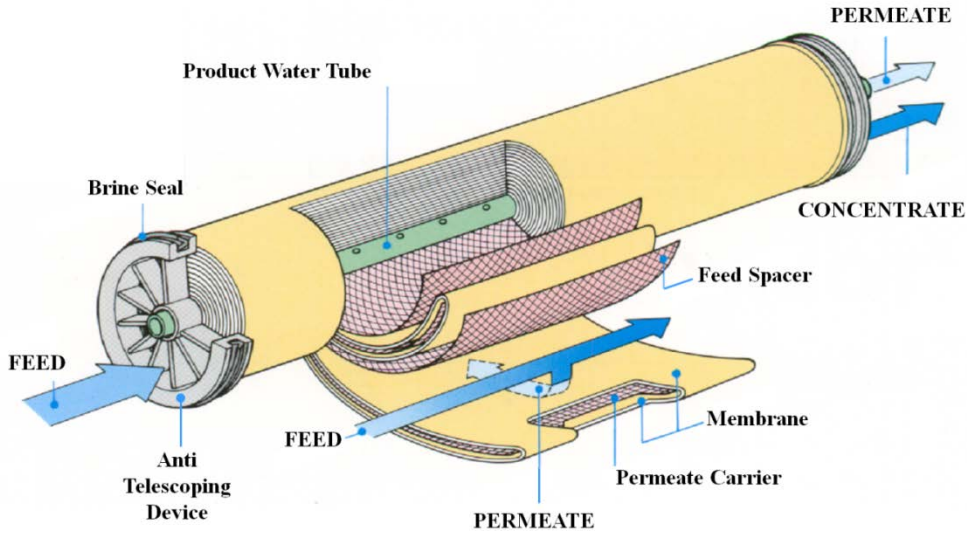


Imagen 25. Componentes de una membrana de ósmosis inversa.

4.7.- LIMPIEZA QUÍMICA Y DESPLAZAMIENTO

Las membranas de ósmosis inversa sufren un proceso de ensuciamiento por la precipitación de sales, coloides y sólidos en suspensión. Un pretratamiento adecuado del agua de alimentación antes de la entrada al proceso de ósmosis inversa reduce la contaminación de las membranas. El ensuciamiento puede llegar a provocar una pérdida de rendimiento en la operación de las membranas, reduciendo el caudal de permeado y su calidad, o incrementando la diferencia de presión entre el caudal de salmuera y el de alimentación al bastidor.

Para mejorar la eficiencia del proceso de limpieza química se deben realizar limpiezas periódicas antes de que el ensuciamiento de las membranas sea completo. El proceso de limpieza debe iniciarse en los siguientes casos:

- Cuando la diferencia de presión entre la salmuera y el agua de alimentación de cualquier bastidor supere en un 15% el valor inicial de operación.
- Cuando el caudal de permeado se reduzca más de un 10%.
- Cuando la calidad del permeado se reduzca más de un 20%.

Es importante determinar qué elemento está contaminando la superficie de las membranas antes de su limpieza. El mejor método es realizar un análisis químico de los residuos recogidos con un filtro de membrana para determinar el valor SDI15.

Mediante el desplazamiento con agua osmotizada se limpia la superficie de las membranas con un caudal de permeado a alta velocidad y a baja presión. Lo más adecuado es realizar el lavado varias horas después de la parada del bastidor, a fin de utilizar el efecto de remojado para separar la capa de sales y contaminantes de la superficie de las membranas.

Imagen 26. Instalación de limpieza química y desplazamiento.

4.8.- POSTRATAMIENTO

Las aguas desaladas generalmente tienen una dureza y alcalinidad bajas, con un marcado carácter agresivo, por lo que requieren un tratamiento posterior para su corrección antes de ser distribuidas para su consumo.

El tipo de postratamiento depende del proceso de desalación, de la calidad del agua potable requerida y de la legislación vigente para agua potable.

4.8.1.- Remineralización

El agua osmotizada tiene un fuerte potencial iónico y un marcado carácter corrosivo. El Índice de Saturación de Langelier (LSI) define el carácter corrosivo del agua permeada. Mediante la remineralización se corrige el valor del LSI del agua permeada, hasta alcanzar un valor objetivo de ±0,5.

Las tecnologías para la remineralización del agua osmotizada usadas habitualmente en los procesos de desalación son:

- **Dosificación de CO_2 e hidróxido cálcico.**

  El aporte de dureza y alcalinidad se realiza añadiendo al agua osmotizada hidróxido de cal disuelto en agua y dióxido de carbono, en las proporciones adecuadas para formar bicarbonato de calcio.

  Para pequeñas cantidades de CO_2 en el agua, la reacción con $Ca(OH)_2$ es inmediata, siendo más lenta a medida que se aumenta la cantidad de CO_2 disuelto en el agua. Se trata de un proceso difícil de controlar.

- **Dosificación de CO_2 y lechos de carbonato cálcico (calcita).**

  Este tipo de tratamiento utiliza carbonato cálcico para aumentar la alcalinidad y la dureza del agua. El material filtrante que usualmente se emplea es calcita de pureza alrededor del 99% y una granulometría de 1-4mm.

  Los lechos filtrantes se instalan dentro de filtros abiertos o cerrados a presión con dos posibles sentidos de filtración, ascendente o descendente. Cuando se trata de flujo descendente, el material neutralizante desempeña también el papel de filtro normal, por lo que deben efectuarse lavados a contracorriente cada 10-14 días. Para el caso de lechos de flujo ascendente y altura constante, el mantenimiento requiere de esponjamientos periódicos 1 ó 2 veces al año. El objetivo de los esponjamientos es eliminar posibles cauces preferenciales que puedan haberse generado en el lecho.

En algunos casos es necesario añadir NaOH para subir el pH del agua y alcanzar un LSI positivo después del postratamiento. La dosis en estos casos es generalmente de 4.5±0.5 mg NaOH/L al 33% de pureza.

- **Dosificación de CO_2 y torres de dolomitas.**

  La dolomita es un mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio, con una proporción aproximada de CaO del 30.5% y del 21% de MgO. Igual que en el caso de la calcita se obtiene además un ión adicional de magnesio lo que representa una ventaja económica, ya que se logra una mayor dureza y una mayor alcalinidad con la misma cantidad de CO_2. El paso de agua por las torres de dolomitas hace que se alcance el equilibrio (pH de saturación) sin necesidad de equipos de control. El tiempo de contacto necesario es mayor que en otros lechos.

- **Dosificación de cloruro magnésico y bicarbonato sódico.**

  En este sistema se introducen iones de bicarbonato y de magnesio para añadir dureza y alcalinidad al agua permeada. Es un sistema de alto coste económico por los reactivos que utiliza.

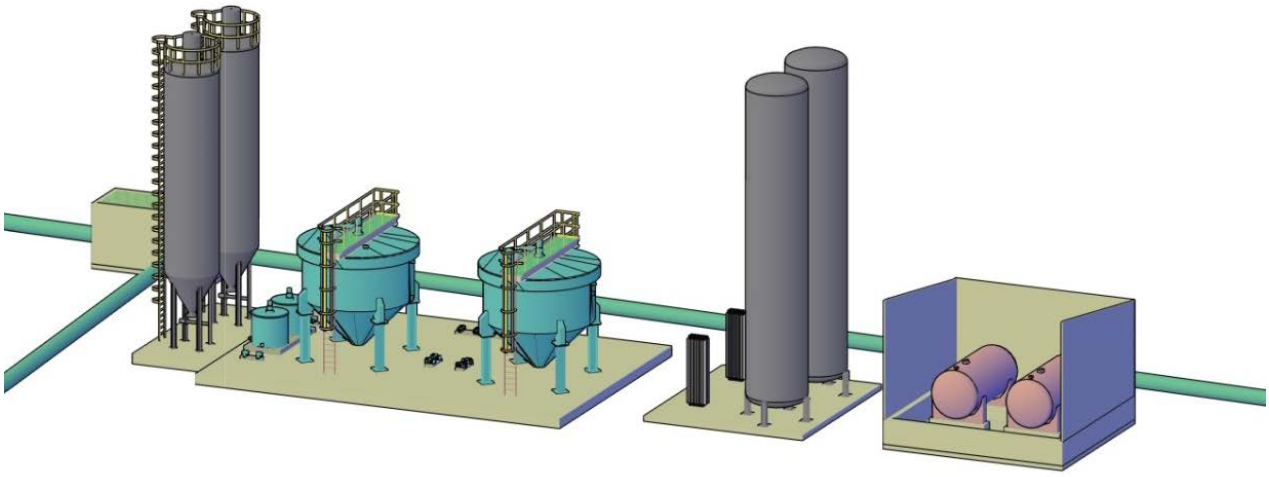


Imagen 27. Remineralización planta desaladora - Modelo 3D.

4.8.2.- Desinfección

- **Dosificación de Hipoclorito Sódico.**

  La dosificación de cloro es el método de desinfección más utilizado en el mundo. Se utiliza para la eliminación de microorganismos, como oxidante y para compuestos que otorgan sabor y olor al agua.

- **Dosificación de cloro gas.**

  El cloro gas (Cl_2) presenta un color amarillo-verdoso y se forma como derivado de cloruros o mediante electrólisis de agua salina. Para su producción se requiere de equipos costosos que, unido a la alta toxicidad por inhalación, relegan este sistema a industrias donde la cloración tradicional no es posible.

- **Ozonización.**

  El ozono es un gas altamente oxidante y su uso en tratamiento de aguas se ha desarrollado lentamente debido a un mayor coste energético en comparación con la utilización de cloro. Su uso no produce compuestos potencialmente dañinos para la salud.

- **Luz Ultravioleta.**

  Su uso se ve limitado por factores como la turbidez del agua, la limpieza de la superficie de las lámparas UV y el espesor de la película de agua sobre la lámpara. Sin embargo, la desinfección no depende de la intensidad de la luz, sino de la dosis total de luz aplicada.

5. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

La normativa que regula la calidad del agua potable para consumo humano en Chile es la **Norma Chilena Oficial NCh 409/1.Of.2005**. Los principales parámetros especificados en el estándar se muestran en la tabla inferior:

NORMA CHILENA OFICIAL NCh 409/1.Of.2005		
Parámetro	**Unidad**	**Valor límite**
pH		6 – 8,5
TDS	**mg/L**	**<1.500**
Turbiedad	NTU	≤ 2,0
Cloro libre	mg/L	0,2 – 2,0
Cd	mg/L	<0,01
Cr total	mg/L	<0,05
F^-	mg/L	<1,5
Pb	mg/L	<0,05
Zn	mg/L	<3,0
Cu	mg/L	<2,0
Fe	mg/L	<0,3
Mn	mg/L	<0,1
Hg	mg/L	<0,001
CN^-	mg/L	<0,05
Compuestos fenólicos	µg/L	<2
Nitratos	mg/L	<50
Nitritos	mg/L	<3,0
Color	Pt-Co	<20
Olor y sabor		inodora e insípida
Cloruros	mg/L Cl	<400
Sulfato	mg/L SO_4	<500
Coliformes totales	CFU/100mg	ausente en 100mL
Amoniaco NH_3	mg/L	<1,5
Calcio	mg/L	
Magnesio	mg/L	<125

Tabla 2. Norma Chilena Oficial NCh 409/1.Of.2005.

Esta norma permite el uso de agua potable con salinidad relativamente alta. La salinidad máxima aceptable que se refleja en el valor TDS (sólidos totales disueltos) es de 1.500 mg/L, que es superior al valor TDS de 1.000 mg/L recomendado por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

Los valores indicados por la OMS en su 4º edición de "*Guidelines for Drinking-water Quality*" para agua potable se presentan en la tabla siguiente:

Organización Mundial de la Salud			
Parámetro	**Valor límite para la salud**	**Valor aceptabilidad consumo**	**Unidad**
pH	-	6,5-8	
TDS	**-**	**<1.000**	**mg/L**
Turbiedad	-	<0,2 – 0,5	NTU
Cloro libre	<5	-	mg/L
Boro	<2,4	-	mg/L
Cd	<0,003	-	mg/L
Cr total	<0,05	-	mg/L
F^-	<1,5	-	mg/L
Pb	<0,01	-	mg/L
Zn	-	<4,0	mg/L
Cu	<2,0	<1,0	mg/L
Fe	-	<0,3	mg/L
Mn	<0,4	<0,1	mg/L
Ni	<0,07	-	mg/L
Hg	<0,006	-	mg/L
Se	<0,04	-	mg/L
Compuestos fenólicos	<0,2		µg/L
Nitratos	<50		mg/L
Nitritos	<3		mg/L
Color	-	<15	TCU
Olor y sabor	inodora e insípida		
Cloruros	-	<250	mg/L Cl
Sulfato	-	<250	mg/L SO_4
Coliformes totales	ausente en 100 mL	-	CFU/100mg
Amoniaco NH_3	-	<1,5	mg/L

Tabla 3. Guía para la calidad del agua potable de la OMS 4º edición.

Otro de los factores a estudiar es el contenido en Boro del agua potable. Un alto nivel de boro en el agua de consumo puede tener un efecto negativo en humanos. Asimismo, una presencia excesiva de boro en el agua de riego puede causar daños en cosechas y plantas.

La OMS define para aguas potables establece un valor límite provisional para el boro de 2,4 mg/L. Debido a que es un valor de referencia la mayoría de países adoptan un valor límite de 1,0 mg/L de contenido en boro.

Para el diseño preliminar del proceso de ósmosis y de la etapa de postratamiento se han tomado los valores más restrictivos de la norma chilena y de la guía de la OMS. Las características del agua potable se resumen en la tabla adjunta:

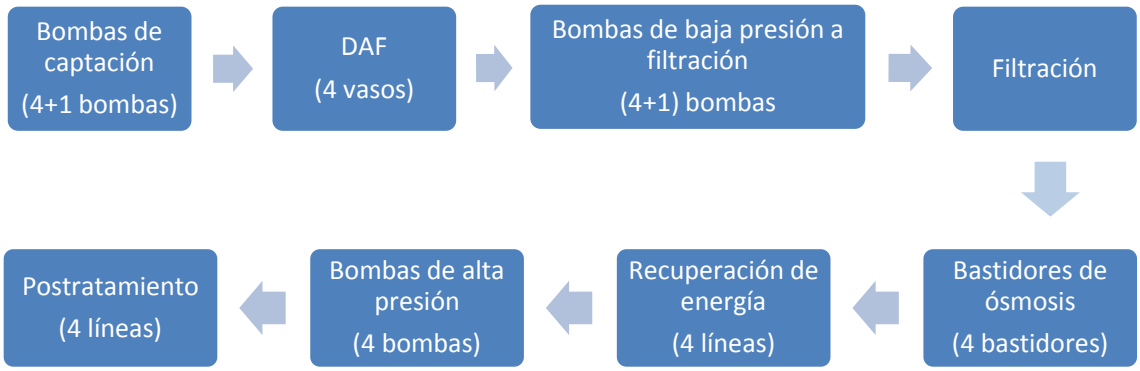
Parámetro	Unidad	Norma Chilena NCH409/1. Of.2005	OMS Valor límite para la salud	OMS - Valor aceptabilidad consumo	Características Estudio "La Serena"
pH		6,5-8,5	-	6,5-8	**6,5-8**
TDS	mg/L	<1500	-	<1000	**<1000**
Turbiedad	NTU	≤ 2	-	<0,2 – 0,5	**<0,2**
Cloro libre	mg/L	0,2 – 2,0	<5	-	**0,6-2,0**
Boro	mg/L	-	<2,4	-	**<1,0**
Cd	mg/L	<0,01	<0,003	-	**<0,003**
Cr total	mg/L	<0,05	<0,05	-	**<0,05**
F^-	mg/L	<1,5	<1,5	-	**<1,5**
Pb	mg/L	<0,05	<0,01	-	**<0,01**
Zn	mg/L	<3	-	<4	**<3**
Cu	mg/L	<2	<2	<1,0	**<1,0**
Fe	mg/L	<0,3	-	<0,3	**<0,3**
Mn	mg/L	<0,1	<0,4	<0,1	**<0,1**
Ni	mg/L	-	<0,07	-	**<0,07**
Hg	mg/L	<0,001	<0,006	-	**<0,001**
Se	mg/L	<0,01	<0,04	-	**<0,01**
Compuestos fenólicos	µg/L	<2	<0,2	-	**<0,2**
Nitratos	mg/L	<50	<50	-	**<50**
Nitritos	mg/L	<3	<3	-	**<3**
Color	TCU	<20	-	<15	**<15**
Olor y sabor		inodora e insípida	-	inodora e insípida	**inodora e insípida**
Cloruros	mg/L Cl	<400	-	<250	**<250**
Sulfato	mg/L SO_4	<500	-	<250	**<250**
Coliformes totales	CFU/100mg	ausente en 100mL	ausente en 100mL	-	**ausente en 100mL**
Amoniaco NH_3	mg/L	<1,5	-	<1,5	**<1,5**
Magnesio	mg/L	<125	-	-	**<125**

Tabla 4. Características del agua potable producida por la planta desaladora.

6. INFORME TRADE-OFF

A partir del análisis de la ingeniería general del proceso, AQUA ADVISE realiza un estudio "trade-off" del que se tomarán las soluciones a implementar.

El caudal de producción es de 1.000 L/s. Para una mayor flexibilidad en la operación y mantenimiento de las instalaciones, el proceso de ósmosis se divide en cuatro líneas de producción de 250 L/s cada una. Esta configuración permite ajustar la producción de agua potable y mantener el rendimiento de los equipos e instalaciones. El resto de instalaciones se diseñan como cuatro líneas de proceso que pueden operar de forma independiente o de forma conjunta. El esquema siguiente resume esta configuración del proceso:



A continuación se presentan algunas de las propuestas para la captación, el pretratamiento, proceso de ósmosis inversa y postratamiento.

Imagen 28. Planta desaladora de agua de mar- 60.000 m^3/día.

6.1.- CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR

El caudal de producción de agua potable de 1.000 L/s presupone la instalación de una toma de captación abierta frente a una captación cerrada, permitiendo garantizar el caudal de captación necesario para el proceso de ósmosis inversa.

Como diseño previo se propone el estudio de la tubería de captación con un único colector o con doble colector, dependiendo de la longitud de captación necesaria y de las pérdidas de carga en cada caso.

Para el cálculo de la sección de la tubería fabricada en **polietileno de alta densidad (PEHD)** se toman en consideración los siguientes criterios:

CAUDAL Producción (L/s)	CAUDAL Captación (L/s)
500	1200
1000	2400

OPCIÓN	*Diámetro Tubería (mm)*	*Velocidad (m/s)*	*Pérdidas de carga (m.c.a.)*			
			Longitud Tubería (m)			
			300	500	700	900
Captación colector único 1 x 1000 l/s	1400	2,02	1,17	1,59	2,00	2,43
	1600	1,55	0,48	0,69	0,91	1,12
	1800	1,22	0,23	0,35	0,47	0,59
	2000	**0,99**	0,13	0,19	0,26	0,33
Captación dos colectores 2 x 500 l/s	1000	1,98	1,65	2,26	2,86	3,46
	1200	1,38	0,50	0,74	0,98	1,22
	1400	**1,01**	0,20	0,31	0,42	0,53
	1600	0,77	0,10	0,15	0,21	0,26

Tabla 5.- Estudio preliminar de pérdidas de carga para distintos diámetros y longitudes de captación.

6.2.- ESTACIÓN DE BOMBEO DE CAPTACIÓN

Se distinguen dos tipos de bombas para la captación de agua de mar:

a) Bombas sumergidas.
b) Bombas de superficie.

Aunque el uso de bombas en superficie requiere mayor obra civil en la cántara de captación, las ventajas de estas bombas son su facilidad de mantenimiento y que sólo las partes internas de la bomba están en contacto con agua de mar.

Un dimensionamiento preliminar de las bombas de captación se incluye en la siguiente tabla.

BOMBAS CAPTACIÓN		
Número total de bombas	5	ut
Número de bombas en stand-by	1	ut
Número de bombas en operación	4	ut
Caudal unitario	580 - 600	L/s
	2.080 – 2.160	m^3/h
TDH	15	m.c.a.
η_{motor}	93 - 95	%
η_{bomba}	80 - 85	%
Potencia eléctrica	110 - 120	kW h
Potencia motor	132	kW h
NPSHr	1,5	bar
Control	Variador de Frecuencia	

Tabla 6. Dimensionado preliminar de las bombas de captación.

6.3.- TAMICES DE CAPTACIÓN

El objetivo de las rejas de desbaste y tamizado, es proteger las instalaciones de objetos y sólidos grandes como algas, medusas, peces o cualquier elemento que pueda bloquear el proceso de la planta.

Esta primera etapa del pretratamiento no se incluiría en caso de que la captación se diseñara con filtros pasivos.

El edificio de bombeo de la captación se divide dos canales, cada uno de los cuales incluye:

- Compuertas de aislamiento para el mantenimiento de cada canal.
- Rejas de desbaste.
- Tamices rotativos.

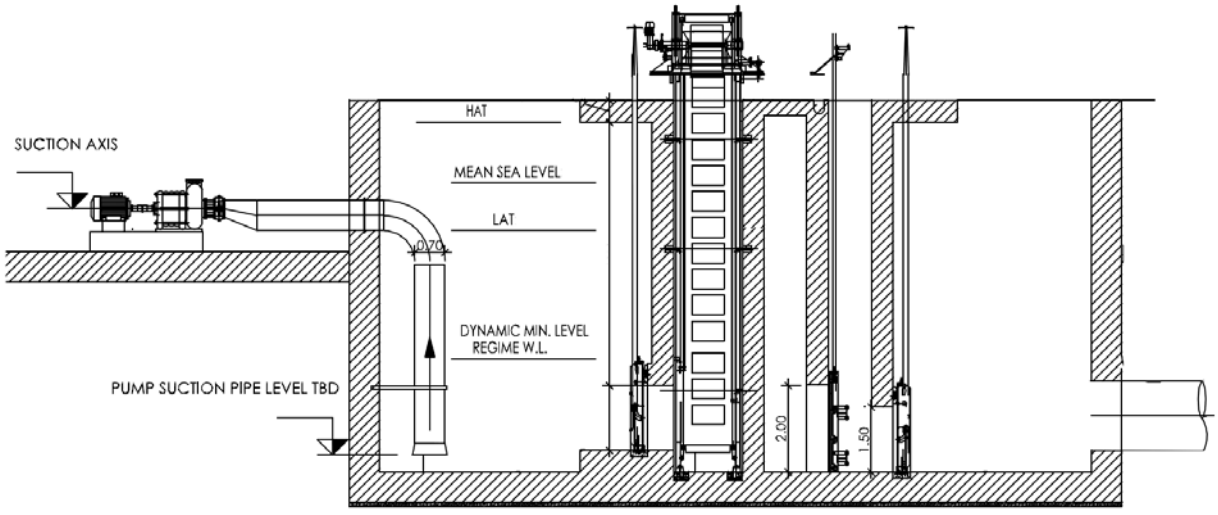


Imagen 29. Sección lateral del edificio de captación - Tamices y bombas de captación.

6.4.- PRETRATAMIENTO FÍSICO

Debido a las características de una toma abierta se hace necesario un pretratamiento físico y químico capaz de tratar agua con grasas y aceites, mareas rojas, medusas y cualquier otro sólido en suspensión que pueda dañar las instalaciones de la planta desaladora y las membranas de ósmosis inversa.

Para cumplir con estos requisitos, se proponen dos configuraciones diferentes para el pretratamiento:

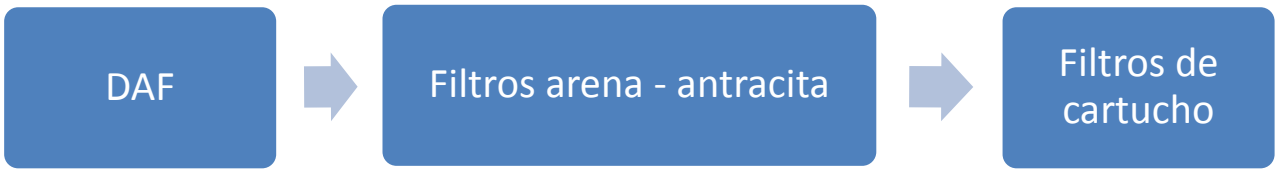


Tabla 7. Pretratamiento DAF + Filtros de arena – antracita + Filtros de cartucho.

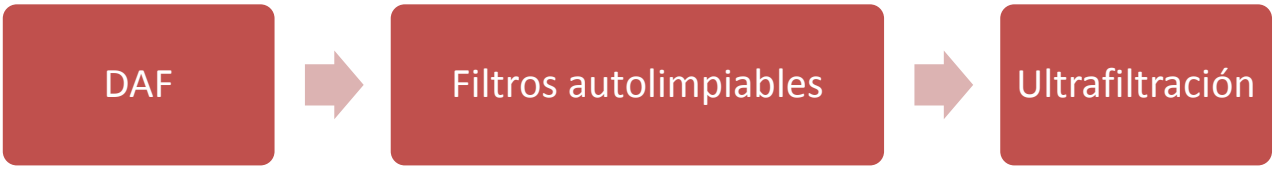


Tabla 8. Pretratamiento DAF + Filtros autolimpiables + Ultrafiltración.

6.5.- DAF

El diseño preliminar del DAF incluye cuatro líneas de coagulación-floculación-flotación, una por cada bastidor de ósmosis inversa. Los vasos de coagulación y floculación se dimensionarán para un tiempo aproximado de retención de 10 minutos para caudal nominal.

El proceso incluye un by-pass para que el agua de mar pase directamente desde la estación de bombeo de captación hasta el bombeo de baja presión, cuando el DAF no está en funcionamiento.

En los dos primeros vasos del DAF se realiza la dosificación de coagulante y floculante.

Un diseño preliminar de los distintos vasos con un caudal de aire en el vaso de flotación de 15 L/m^3 se presenta a continuación:

DISSOLVED AIR FLOTATION - DAF		
Número de vasos	4	ud
Coagulación		
Volumen vaso de coagulación	336	m^3
Longitud	7	m
Anchura	10	m
Altura	4.8	m
Tiempo de retención nominal	9,44	min
Floculación		
Volumen vaso de coagulación	336	m^3
Longitud	7	m
Anchura	10	m
Altura	4.8	m
Tiempo de retención nominal	9,44	min
Flotación		
Superficie de flotación	150	m^2
Longitud	15	m
Anchura	10	m
Altura útil	2	m
Bombas de recirculación		
Número de bombas total	5	ud
Número de bombas en operación	4	ud
Número de bombas en stand-by	1	ud
Caudal	270	m^3/h
Presión	6	bar
Potencia motor	75	kW

Tabla 9.- Dimensionamiento del DAF.

6.6.- BOMBEO DE BAJA PRESIÓN

La estación de bombeo de baja presión suministra la presión necesaria al agua de mar para la etapa de filtración y para la aspiración de la bomba de alta presión. La tabla siguiente resume las características preliminares de las bombas de baja presión:

BOMBAS DE BAJA PRESIÓN		
Número total de bombas de baja presión	5	ut
Número de bombas en operación	4	ut
Número de bombas en stand-by	1	ut
Caudal de operación	2.050 – 2.150	m^3/h
TDH	50	m.c.a
η_{bomba}	83 - 85	%
η_{motor}	95 - 98	%
Potencia eléctrica	370 – 400	kW
Potencia motor	450	kW
Control	Variador de Frecuencia	

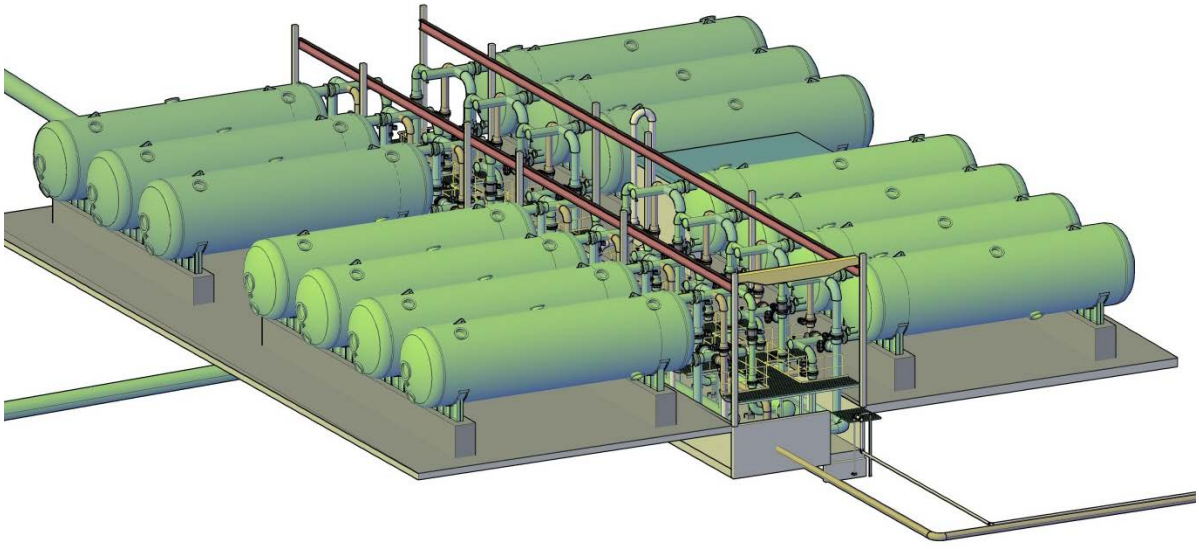


Imagen 30. Filtros de arena - antracita. Modelo 3D.

6.7.- FILTROS ARENA – ANTRACITA + FILTROS DE CARTUCHO

Si se opta por una captación abierta y dependiendo de las características de agua de mar, será necesario prever dos etapas de filtración cerrada, con velocidades de filtración entre 8-10 m/h para la primera etapa y 12-14 m/h para la segunda etapa que garanticen la calidad de la filtración. Para estas velocidades de filtración, el dimensionamiento de los filtros de arena - antracita se reparte del siguiente modo:

DIMENSIONES DE LOS FILTROS ARENA - ANTRACITA		
Longitud filtro	12	m
Diámetro filtro	3,6	m
Superficie de filtración unitaria	43,2	m^2
Material	Acero al carbono con recubrimiento interno de ebonita, y pintura epoxy en el exterior	
FILTROS 1ª ETAPA		
Número de filtros	20	uds
Caudal por filtro	114,9	L/s
	413,7	m^3/h
Caudal por filtro (uno en limpieza)	121,0	L/s
	435,4	m^3/h
Superficie total de filtración	864	m^2
Velocidad de filtración operación normal	9,6	m/h
Velocidad de filtración un filtro en limpieza	10,1	m/h
FILTROS 2ª ETAPA		
Número de filtros	15	uds
Caudal por filtro	153,2	L/s
	551,6	m^3/h
Caudal por filtro (uno en limpieza)	164,2	L/s
	591,0	m^3/h
Superficie total de filtración	648	m^2
Velocidad de filtración operación normal	12,8	m/h
Velocidad de filtración un filtro en limpieza	13,7	m/h

Tabla 10.- Configuración preliminar filtros de arena-antracita.

La filtración con cartuchos asegura la protección de las membranas de ósmosis inversa mediante una filtración de 5µm. El número de filtros y el tamaño de los cartuchos seleccionado asegura un caudal inferior a 0.7 m^3/h (0,2 L/s) por cada cartuchos de 10", incluso durante el mantenimiento de uno de los filtros. Las características de los filtros de cartucho se resumen en la siguiente tabla:

FILTROS DE CARTUCHO		
Número de filtros	7	uds
Número de cartuchos por filtro	400	uds
Número total de cartuchos	2.800	uds
Longitud de cartuchos	50	Pulgadas
Caudal por tramo 10"	0,16	L/s
	0,58	m^3/h
Caudal por tramo 10" (un filtro en mantenimiento)	0,19	L/s
	0,67	m^3/h

Tabla 11.- Configuración preliminar filtros de cartucho

6.8.- LIMPIEZA DE FILTROS DE ARENA – ANTRACITA

Para la limpieza de los filtros multimedia se hace pasar un caudal a contracorriente a través del filtro, limpiando la arena y la antracita. Para mejorar la limpieza, se puede inyectar aire a la vez o después de la limpieza a contracorriente. La limpieza de filtros se diseña para la limpieza de un filtro cada vez.

La instalación se ha diseñado con dos bombas centrífugas, una en operación y otra en stand-by, y dos soplantes para la inyección de aire, una en operación y la otra en stand-by. Los datos de los equipos se resumen en el cuadro siguiente:

BOMBAS DE LIMPIEZA DE FILTROS		
Velocidad de limpieza	20	m/h
Superficie del filtro a limpiar	43,2	m^2
Número de bombas en operación	1	ud
Número de bombas en stand-by	1	ud
Número total de bombas	2	ud
Caudal de operación	865	m^3/h
TDH	15	m.c.a
η_{bomba}	93 – 95	%
η_{motor}	80 – 85	%
Potencia eléctrica	45 – 50	kW
Potencia motor	55	kW
Control	Variador de Frecuencia	

6.9.- FILTROS AUTOLIMPIABLES + ULTRAFILTRACIÓN

Esta configuración garantiza una calidad del agua filtrada a la entrada de ósmosis inversa con una menor superficie de implantación en comparación con otros sistemas de filtración.

En este caso se utilizan filtros autolimpiables de gran capacidad. Estos filtros pueden realizar la limpieza de las velas filtrantes sin interrumpir la operación de filtración. Eliminan las partículas que podrían ocasionar obstrucciones en la etapa de ultrafiltración. Se propone la siguiente configuración:

FILTROS AUTOLIMPIABLES		
Capacidad por filtro	1.320	m^3/h
Filtros en operación	7	uds
Filtros en standby	1	uds
Número total de filtros	8	uds

Tabla 12.- Configuración filtros autolimpiables.

El diseño de la ultrafiltración debe realizarse teniendo en cuenta el flux de operación en las membranas, para evitar una pérdida de eficiencia en la filtración y una elevada frecuencia de limpiezas a contracorriente. A una temperatura de 25°C, el flux debe estar comprendido entre 60-100 $L/m^2/h$, dependiendo del modelo de membrana utilizado. Utilizando membranas estándar de 55 m^2 de superficie filtrante, la configuración para la ultrafiltración se muestra en la siguiente tabla:

ULTRAFILTRACIÓN		
Flux operación	77	m^3/h
Superficie de membrana	55	m^2
Conversión	97	%
Elementos por skid	95	Uds
Numero de skids en operación	20	Uds
Numero de skids en standby	2	Uds

Tabla 13.- Configuración preliminar Ultrafiltración.

6.10.- LIMPIEZA DE LA ULTRAFILTRACIÓN

La limpieza de la UF se diseña para limpiar dos skids de UF a la vez. Las características de las bombas de limpieza de la UF se incluyen en el cuadro siguiente:

BOMBAS DE LIMPIEZA DE ULTRAFILTRACIÓN		
Número de bombas en operación	2	ud
Número de bombas en stand-by	1	ud
Número total de bombas	3	ud
Caudal de operación	1.350 – 1.400	m^3/h
TDH	30	m.c.a
η_{bomba}	80	%
η_{motor}	90 – 95	%
Potencia eléctrica	155 – 165	kW
Potencia motor	180	kW
Control	Variador de Frecuencia	

La limpieza química de la unidad de UF se dimensiona según la tabla adjunta:

BOMBAS DE LIMPIEZA QUÍMICA DE ULTRAFILTRACIÓN		
Número de bombas en operación	1	ud
Número de bombas en stand-by	1	ud
Número total de bombas	2	ud
Caudal de operación	135 – 140	m^3/h
TDH	20	m.c.a
η_{bomba}	70 - 75	%
η_{motor}	90 – 95	%
Potencia eléctrica	12	kW
Potencia motor	15	kW
Control	Variador de Frecuencia	
TANQUE DE LIMPIEZA QUÍMICA DE ULTRAFILTRACIÓN		
Número de taques	1	ud
Volumen del tanque	15	m^3

6.11.- PRETRATAMIENTO QUÍMICO

El pretratamiento químico del agua de mar permite mantener la instalación libre de microorganismos y algas, además de adecuar las características del agua de mar al proceso de desalación y optimizar la operación de las membranas de ósmosis.

Para dimensionar el pretratamiento químico es necesario conocer las características del agua de mar de la captación y la calidad del agua producto. Como estos valores se desconocen, este análisis debe considerarse como preliminar y los valores como orientativos.

6.11.1.- Hipoclorito sódico

Se dosifica hipoclorito sódico en la tubería de captación para la desinfección del agua de mar de alimentación a la planta y evitar el crecimiento de microorganismos que puedan ensuciar la instalación de la planta desaladora. Las dosificaciones de choque son muy importantes para mantener toda la instalación limpia. Las dosificaciones en continuo se utilizan para la prevención de crecimiento biológico. Las características de la dosificación de hipoclorito sódico se incluyen en la tabla siguiente:

DOSIFICACIÓN HIPOCLORITO SÓDICO		
Caudal a tratar	8.400 – 8.600	m^3/h
Dosificación en continuo	2	ppm
Dosificación de choque	5	ppm
Densidad	1.220	kg/m^3
Pureza comercial	15%	%
Número de depósitos de almacenamiento	2	uds
Volumen de cada depósito de almacenamiento	15	m^3
Dosificación de choque		
Número de bombas dosificadoras en operación	4	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds
Caudal nominal de operación	60	L/h
Dosificación en continuo		
Número de bombas dosificadoras en operación	4	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds
Caudal nominal de operación	25	L/h

Tabla 14. Dosificación hipoclorito sódico.

6.11.2.- Cloruro férrico

Se incluye un sistema de dosificación en continuo de cloruro férrico para la fase de coagulación. Las principales características se resumen en la tabla adjunta:

DOSIFICACIÓN CLORURO FÉRRICO		
Caudal a tratar	8.400 – 8.600	m^3/h
Dosificación en continuo	13	ppm
Densidad	1.490	kg/m^3
Pureza comercial	40%	%
Número de depósitos de almacenamiento	2	uds
Volumen de cada depósito de almacenamiento	25	m^3
Dosificación en continuo		
Número de bombas dosificadoras en operación	5	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds
Caudal nominal de operación	40	L/h

Tabla 15. Dosificación cloruro férrico.

6.11.3.- Polielectrolito

Se dosifica polielectrolito en el proceso de floculación. Las principales características son:

DOSIFICACIÓN POLIELECTROLITO		
Caudal a tratar	8.400 – 8.600	m^3/h
Dosificación en continuo	0,5 – 1,0	ppm
Número de depósitos de almacenamiento	2	uds
Volumen de cada depósito de almacenamiento	1	m^3
Dosificación en continuo		
Número de bombas dosificadoras en operación	4	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds

Tabla 16. Dosificación polielectrolito.

6.11.4.- Bisulfito sódico

La presencia de cloro en el agua de mar que alimenta a los bastidores de ósmosis degrada las membranas de ósmosis. Este cloro proviene de la dosificación de hipoclorito sódico en la captación. La de-cloración del agua de mar puede realizarse por inyección de bisulfito de sodio ($NaHSO_3$). La reacción química es la siguiente:

$$HOCl + NaHSO_3 >>> NaCl + H_2SO_4$$

La dosificación de bisulfito se realiza después de la filtración por cartuchos. Después de los puntos de dosificación es necesario instalar un medidor ORP (Oxidation Reduction Potential/Redox) para medir la

concentración de cualquier oxidante como el cloro. Las características de la dosificación de bisulfito sódico se muestran a continuación:

DOSIFICACIÓN BISULFITO SÓDICO		
Caudal a tratar	8.000 – 8.100	m^3/h
Dosificación en continuo	6 - 15	ppm
Pureza comercial	99%	%
Número de depósitos de almacenamiento	2	uds
Volumen de cada depósito de almacenamiento	10	m^3
Dosificación en continuo		
Número de bombas dosificadoras en operación	4	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds
Caudal nominal de operación	35	L/h

Tabla 17. Dosificación bisulfito sódico.

6.11.5.- Antincrustante

Se dosifica antiincrustante a la entrada de los bastidores de ósmosis para prevenir la precipitación y ensuciamiento de las membranas de ósmosis. La dosificación evita la formación de cristales de varias sales, principalmente de carbonato cálcico ($CaCO_3$), sulfato cálcico ($CaSO_4$), sulfato de bario ($BaSO_4$) y sílice en el rechazo. Las características de la dosificación de antiincrustante se resumen en el cuadro adjunto:

DOSIFICACIÓN AINTIINCRUSTANTE		
Caudal a tratar	8.000 – 8.100	m^3/h
Dosificación en continuo	1,2 – 2	ppm
Densidad	1.160	kg/m^3
Pureza comercial	95%	%
Número de depósitos de almacenamiento	2	uds
Volumen de cada depósito de almacenamiento	2	m^3
Dosificación en continuo		
Número de bombas dosificadoras en operación	4	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds
Caudal nominal de operación	5	L/h

Tabla 18. Dosificación de antiincrustante.

6.11.6.- Hidróxido sódico

Se dosifica sosa para aumentar la eliminación de Boro durante el proceso de ósmosis inversa. Al contrario de muchos elementos incluidos en el agua de mar, el Boro no está ionizado. El boro está presente en dos formas:

- Ácido bórico: H_3BO_3
- Ión borato: $H_2BO^-_3$

La forma dominante depende del pH: $H_3BO_3 = H^+ + H_2BO^-_3$

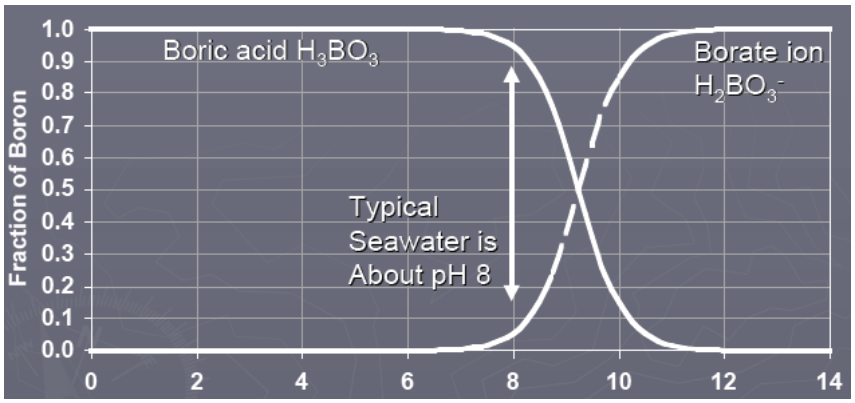


Imagen 31. Boro - pH.

Para incrementar el rechazo de boro y cumplir con los límites que establece la calidad del agua potable, es necesario incrementar el pH y cambiar la concentración de ácido bórico a ión borato. El sistema de inyección de sosa se resume a continuación:

DOSIFICACIÓN SOSA		
Caudal a tratar	8.000 – 8.100	m^3/h
Dosificación en continuo	10 – 15	ppm
Densidad	1.525	kg/m^3
Pureza comercial	50%	%
Número de depósitos de almacenamiento	2	uds
Volumen de cada depósito de almacenamiento	10	m^3
Dosificación en continuo		
Número de bombas dosificadoras en operación	4	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds
Caudal nominal de operación	40	L/h

Tabla 19. Dosificación de sosa.

6.12.- PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA

El diseño del proceso de ósmosis depende de la calidad de agua potable y de las características del agua de mar de aporte. A falta de conocer datos más precisos sobre estos valores, se incluye un diseño preliminar de las bombas, membranas y bastidores de ósmosis. Una vez conocidos estos datos, será necesario revisar el dimensionamiento.

El proceso de ósmosis inversa se divide en cuatro líneas de proceso de 250L/s de producción cada una. Cada línea de proceso tiene asociada una bomba pre-booster, una bomba de alta presión, un sistema de recuperación de energía, una bomba booster y un bastidor de OI.

Esta disposición permitirá a la planta desaladora regular la producción de agua permeada mientras se mantiene un alto rendimiento en la operación de los equipos de proceso.

Para la regulación de la operación del proceso de ósmosis, la bomba pre-booster y la bomba booster se controlan por medio de sendos variadores de frecuencia.

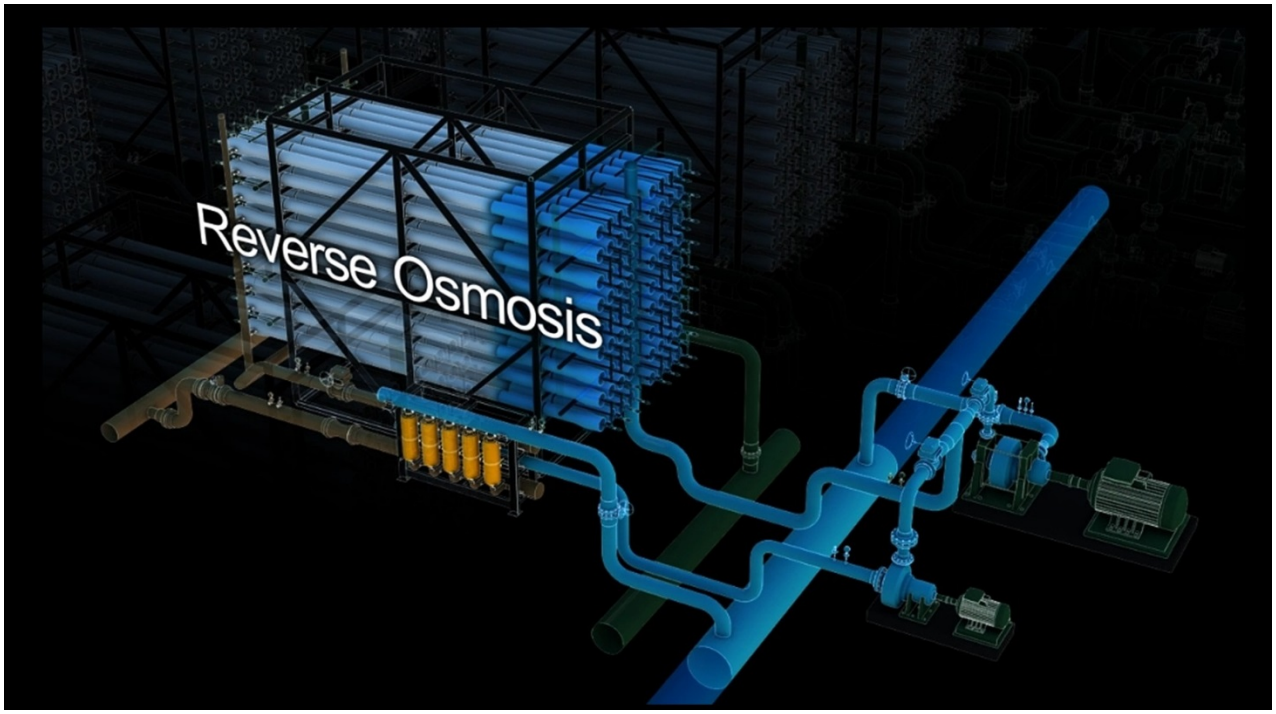


Imagen 32. Bastidor de ósmosis inversa. Modelo 3D.

6.12.1.- Bomba pre-booster

Una de las últimas tendencias en la tecnología de ósmosis inversa es utilizar dos bombas en serie en vez de una única bomba. La bomba principal genera la mínima presión necesaria para el proceso de ósmosis (membranas nuevas, baja salinidad, alta temperatura). La bomba pre-booster, instalada antes que la bomba principal, proporciona la presión adicional debida a la variación en las condiciones de operación del proceso (edad de las membranas, variación de temperatura del agua de mar, aumento de la salinidad). Esta segunda bomba es controlada por un variador de frecuencia de baja tensión, lo que minimiza los costes y la caída de eficiencia, a la vez que permite una selección de una bomba más eficiente.

Las características de la bomba pre-booster se resumen en el cuadro siguiente:

BOMBA PRE-BOOSTER		
Número total de bombas	4	ut
Número de bombas en operación	4	ut
Número de bombas en stand-by	0	ut
Caudal de operación	900 – 950	m^3/h
TDH	150	m.c.a
η_{motor}	90 - 95	%
η_{bomba}	75 - 80	%
η_{VFD}	97 - 98	%
Potencia eléctrica	535 - 550	kW
Potencia motor	630	kW
Control	Variador de Frecuencia	

Tabla 20. Bomba pre-booster.

6.12.2.- Bomba de alta presión

La bomba de alta presión es el equipo de mayor consumo eléctrico de la planta desaladora y tiene la misión de elevar la presión del agua de mar filtrada antes de su entrada a las membranas de ósmosis inversa. El diseño de la bomba de alta presión es un punto clave para asegurar la eficiencia de operación de la planta. Las características de la bomba de alta presión se detallan a continuación:

BOMBA ALTA PRESIÓN		
Número total de bombas	4	ut
Número de bombas en operación	4	ut
Número de bombas en stand-by	0	ut
Caudal de operación	900 – 950	m^3/h
TDH	500	m.c.a
η_{motor}	90 - 95	%
η_{bomba}	80 – 85	%
Potencia eléctrica	1.600 – 1.650	kW
Potencia motor	1.700	kW

Tabla 21. Bomba de alta presión.

Imagen 33. Bomba de alta presión - Desaladora 16.000 m^3/día.

6.12.3.- Bomba booster

La bomba booster eleva la presión del agua de mar procedente del recuperador, desde la presión de salida de la salmuera a la presión de alimentación del bastidor. El caudal y presión de diseño para la bomba booster son los siguientes:

BOMBA BOOSTER		
Número total de bombas	4	ut
Número de bombas en operación	4	ut
Número de bombas en stand-by	0	ut
Caudal de operación	1.000 – 1.100	m^3/h
TDH	40	m.c.a
η_{motor}	90 - 95	%
η_{bomba}	75 – 80	%
Potencia eléctrica	150 – 170	kW
Potencia motor	200	kW

Tabla 22. Bomba booster.

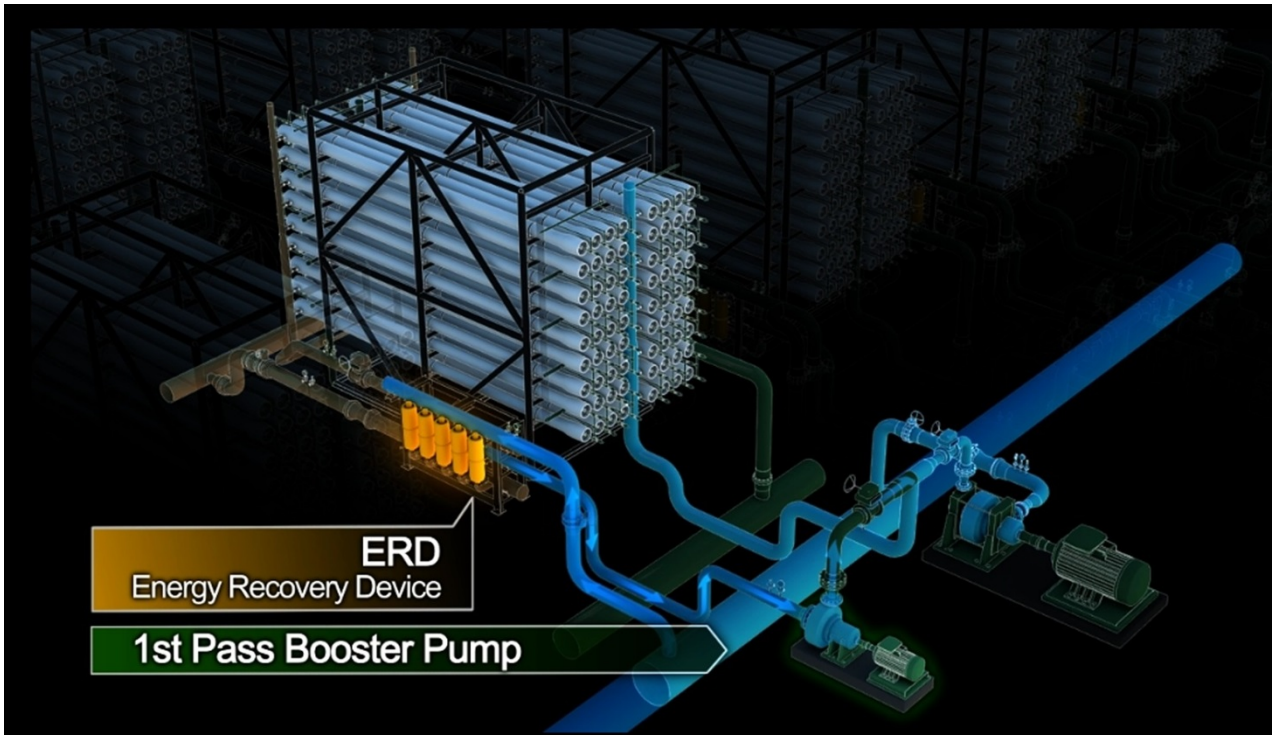


Imagen 34. Modelo 3D de recuperador de energía y bomba booster.

6.12.4.- Recuperación de energía - ERD

Una vez que el agua de alimentación ha sido impulsada hacia las membranas, aproximadamente un 55% - 60% de ese caudal sale del proceso de ósmosis como salmuera a alta presión, típicamente entre 1 y 2 bares por debajo de la presión de alimentación. Ese caudal tiene un alto poder energético, por lo que es conveniente recuperarlo para reducir el consumo energético de la instalación.

Imagen 35. Recuperadores de energía PX . Desaladora La Marina (Murcia – ESPAÑA)

El proceso de ósmosis se ha dimensionado con intercambiadores de presión tipo ERI – PX.

RECUPERADOR DE ENERGÍA		
Modelo ERD	PX-300	
Número de ERD por bastidor	19	uds
Número de ERD total	76	uds

Tabla 23. Recuperador de energía.

6.12.5.- Membranas OI

Para el diseño de las membranas del proceso de ósmosis se ha considerado la variación de las condiciones de temperatura y salinidad de agua de mar, así como el ensuciamiento de las membranas. Los valores serán revisados una vez se conozcan las características del agua de mar y los requerimientos de calidad del agua producto. El diseño preliminar de las membranas se resume en el cuadro siguiente:

MEMBRANAS OI					
Número de membranas OI por tubo			7		uds
Número de membranas por bastidor			1.680		uds
Número total de membranas			6.720		uds
Parámetros iniciales					
Temperatura	23	13	23	13	°C
Edad	3,2	3,2	3,2	3,2	años
TDS (agua alimentación)	40.328	40.328	34.389	34.389	ppm
Boro	5,66	5,66	4	4	ppm
pH	8	8	8	8	
Conversión	45	45	45	45	%
Diseño					
TDS (permeado)	322,4	188	254,3	148,7	ppm
Cloruros	187,3	109,2	146,5	85,6	ppm
Boro	0,9	0,6	0,7	0,4	ppm
Presión de operación	58,6	63,6	53,7	58,6	bar

Tabla 24. Diseño preliminar de membranas OI.

6.12.6.- Tubos de presión

El diseño preliminar para la distribución de los tubos de presión se resumen en:

TUBOS DE PRESIÓN		
Número de bastidores	4	uds
Número de tubos por bastidor	240	uds
Número de tubos total	960	uds
Número de membranas OI por tubo	7	uds
Número de membranas por bastidor	1.680	uds
Número total de membranas	6.720	uds
Presión máxima de operación	1.200	psi
Configuración	Multipuerto	
Material	Fibra de vidrio y resina epoxi	
Estándar de diseño	ASME Sección X	

Tabla 25. Tubos de presión.

6.13.- LIMPIEZA QUÍMICA Y DESPLAZAMIENTO

Para el proceso de limpieza química y desplazamiento se incluye una instalación compuesta por un tanque con suficiente capacidad para desplazar toda el agua de un bastidor, un tanque de mezcla de reactivos con calentadores eléctricos, bombas de desplazamiento y un filtro de cartucho.

En las tablas siguientes se incluye un dimensionamiento preliminar de los equipos que componen esta instalación.

BOMBA CIP & FLUSHING		
Número total de bombas	3	ut
Número de bombas en operación	2	ut
Número de bombas en stand-by	1	ut
Caudal de operación	600 – 650	m^3/h
TDH	40	m.c.a
η_{motor}	90 - 95	%
η_{bomba}	75 - 80	%
Potencia eléctrica	90 – 95	kW
Potencia motor	110	kW

Tabla 26. Bomba CIP & Flushing.

TANQUES CIP & FLUSHING		
Número de tanques de flushing	1	ud
Volumen tanques de flushing	350	m^3
Número de tanques de CIP	1	ud
Volumen tanques de CIP	30	m^3

Tabla 27. Tanques CIP & Flushing.

FILTROS DE CARTUCHO CIP & FLUSHING		
Número de filtros	1	uds
Número de cartuchos por filtro	360	uds
Longitud de cartuchos	50	Pulgadas
Caudal por tramo 10”	0,69	m^3/h

Tabla 28.- Filtros de cartucho CIP & Flushing.

6.14.- POSTRATAMIENTO

El agua producida por la planta desaladora atenderá las necesidades de agua para los sectores minero, agrícola y consumo humano. Dependiendo del uso final será necesario corregir determinados parámetros del agua permeada.

En el caso del uso para agua potable la elección de la tecnología de postratamiento depende de los requerimientos exigidos, de la disponibilidad de abastecimiento de los reactivos a dosificar y de su coste.

Para la planta desaladora objeto de este Estudio, se considera inicialmente un postratamiento mediante inyección de CO_2 y filtros de dolomita, para un caudal de producción de 1.010 L/s (1.000 L/s + 1% consumos internos), partiendo del volumen de dolomita que reacciona con una dosis de CO_2 de 45 mg/L.

	DOSIS (mg/L)	
	CO_2	$CaMg(CO_3)_2$
Requerido	45,00	94,28
Seleccionado	45,00	100,00

Tabla 29.- Dosis aplicadas en la remineralización de agua permeada.

6.14.1.- Aplicación de CO_2

La dosificación de CO_2 se realizará en tubería, mediante dos líneas de aplicación con una de ellas en standby. Las líneas contarán con un evaporador y un cuadro de dosificación y regulación. La dosificación en línea se realizará a través de un inyector-mezclador.

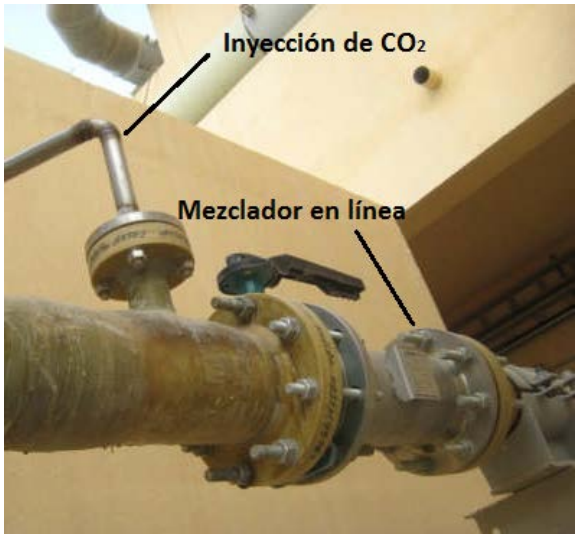


Tabla 30.- Detalle del inyector-mezclador de una instalación de CO_2.

Los consumos estimados se detallan en el siguiente cuadro:

CONSUMO CO_2		
Dosis de CO_2	45,00	mg/L
Caudal a tratar	1.010,00	L/s
Consumo medio de CO_2	150 - 200	kg/h
	4,000 – 4.500	kg/día
	1.400 – 1.500	Tn/año

Tabla 31.- Consumo de CO_2 en la remineralización del agua permeada.

El almacenamiento de CO_2 se realizará en estado líquido en depósitos de metal, en la siguiente tabla se muestran los datos de los depósitos de almacenamiento:

ALMACENAMIENTO CO_2		
Tipo de depósito	Vertical presurizado	
Material depósito	Acero inoxidable	
Tiempo almacenamiento requerido	30	días
Capacidad de almacenamiento requerido	117.806	Kg
Número de depósitos	4	Uds
Capacidad unitaria de los depósitos	30.000	Kg
Capacidad de almacenamiento final	120.000	Kg
Autonomía final de almacenamiento	31	días

Tabla 32.- Características de los depósitos de almacenamiento de CO2.

En la siguiente imagen se puede observar una instalación de características similares, donde se aprecian los depósitos de almacenamiento y los evaporadores de CO_2.

Tabla 33.- Instalación de CO_2.

6.14.2.- Filtros de dolomita

Se estima un tiempo de contacto del agua en el lecho filtrante de dolomita de 20 minutos, a partir de este dato se ha realizado un diseño preliminar de los filtros de dolomita.

DISEÑO FILTROS DE DOLOMITA		
Número de filtros	24	ud
Diámetro	4,0	m
Altura útil	4,2	m
Tiempo contacto requerido	20,0	min
Caudal a tratar	3.636,0	m^3/h
Caudal por filtro	151,5	m^3/h
Velocidad paso por filtro	0,0033506	m/s
Tiempo contacto diseño	20,89	minutos

Tabla 34.- Características de diseño de los filtros de dolomita.

6.14.3.- Desinfección

La desinfección del agua potable se dimensiona preliminarmente con una dosificación de hipoclorito sódico. Las características de la dosificación de hipoclorito sódico se incluyen en la tabla siguiente:

DOSIFICACIÓN HIPOCLORITO SÓDICO - POSTRATAMIENTO		
Caudal a tratar	3.636	m^3/h
Dosificación media	1,2	ppm
Dosificación de choque	2	ppm
Densidad	1.220	kg/m^3
Pureza comercial	15%	%
Número de depósitos de almacenamiento	2	uds
Volumen de cada depósito de almacenamiento	5	m^3
Dosificación de choque		
Número de bombas dosificadoras en operación	2	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds
Caudal nominal de operación	25	L/h
Dosificación en continuo		
Número de bombas dosificadoras en operación	2	uds
Número de bombas dosificadoras en stand-by	1	uds
Caudal nominal de operación	15	L/h

Tabla 35. Dosificación hipoclorito sódico en postratamiento.

7. VERTIDO DE SALMUERA Y EFLUENTES

El estudio de vertido de la salmuera y de los efluentes depende del estudio de localización, del análisis ambiental preliminar, de las características del agua de mar y de la calidad de agua producto. Como primera aproximación, se incluye una descripción de los principales efluentes generados por el proceso de desalación.

7.1.- ESTUDIO DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LA PLANTA

Los efluentes generados por la planta desaladora son principalmente la salmuera de rechazo del proceso de ósmosis inversa, el caudal de limpieza de los sistemas de filtración y los fangos procedentes de las etapas de coagulación, floculación y flotación. Dependiendo de la naturaleza de los efluentes es posible su vertido directo al mar, o en caso contrario, será necesario un tratamiento posterior y enviar los residuos a un vertedero autorizado.

Los principales efluentes como resultado del proceso de desalación son los siguientes:

- *Salmuera de la ósmosis inversa*. Para una conversión del 45% en el proceso de ósmosis, se estima un caudal de salmuera de 1.200 - 1.300 L/s, dependiendo de las características del agua de mar, de la calidad del agua producto, del diseño del proceso de desalación, temperatura del agua de mar, edad de las membranas, etc.
- *Residuos procedentes de la limpieza de las rejas de desbaste y de tamizado de la cántara de captación.*
- *Fangos procedentes del DAF.* A falta de un análisis detallado del agua de mar en el punto de captación, se realiza una estimación preliminar del caudal de fangos procedentes del DAF, obteniendo un caudal de entre 40 y 180 kg/h.
- *Caudal de limpieza de filtros o de la ultrafiltración.*

  · **Limpieza de filtros de arena – antracita.** El caudal de agua para la limpieza de los filtros de arena - antracita se estima inicialmente en 170 - 190 L/s.

  · **Limpieza filtros autolimpiables + ultrafiltración.** Para esta opción debe contemplarse el agua procedente de la limpieza de los filtros autolimpiables así como de la limpieza de los equipos de Ultrafiltración. Se estima un caudal de limpieza de ultrafiltración de 35 - 40 L/s y de UF-CIP de 2 - 3 L/s.
- *Caudal de la neutralización de la limpieza química de las membranas.*
- *Caudal neutralizado procedente de la zona de químicos de la planta.*
- *Efluentes procedentes de las arquetas, drenajes y mantenimiento de la planta.*

7.2.- TRATAMIENTO DE FANGOS, RESIDUOS Y RESTO DE EFLUENTES

Dependiendo del pretratamiento utilizado y del Estudio Ambiental Preliminar, el tratamiento de efluentes puede presentar distintas soluciones. En los siguientes puntos se describe el tratamiento de efluentes asociado a cada unidad del proceso de ósmosis:

- **DAF.** En el tratamiento de los fangos procedentes del DAF, una configuración común es una primera etapa de espesamiento de fangos, que son posteriormente tratados en una segunda etapa de decantación por centrifugación.

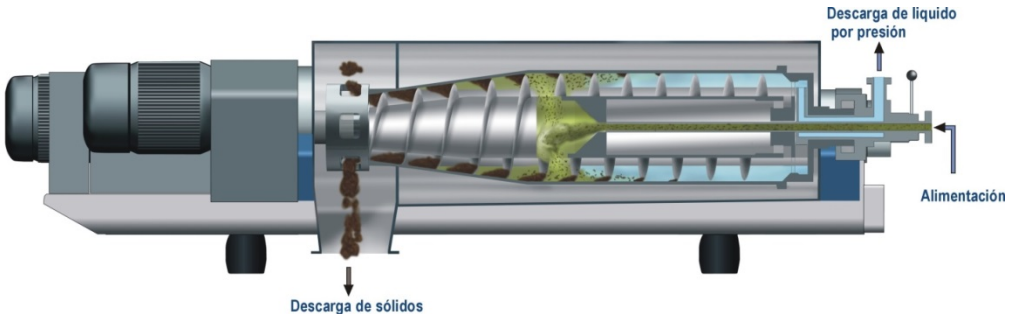


Imagen 36. Decantadora centrífuga.

- **Filtros autolimpiables + Ultrafiltración.** El agua de mar utilizada en la limpieza de los filtros autolimpiables y la limpieza del equipo de ultrafiltración suele ser vertida al mar junto con la salmuera de rechazo. Dependiendo del contenido en sólidos en suspensión del efluente y de la legislación que aplica sobre vertido al mar, puede ser necesario un estanque de acumulación intermedio para decantación previo a su vertido a través del emisario.
- **Limpieza CEB de Ultrafiltración.** El caudal de limpieza química se neutraliza y posteriormente es vertida al salmueroducto o como en el caso anterior, pasa por un estanque de acumulación intermedio.
- **Filtros de arena-antracita + Filtros de cartucho.** Como en el caso de pretratamiento con filtros autolimpiables y ultrafiltración, los efluentes producidos en la limpieza de filtros son vertidos al salmueroducto y puede ser necesario un estanque de acumulación intermedio para decantación previa.
- **Limpieza química de los bastidores de ósmosis inversa (CIP).** Una vez neutralizada la solución en el depósito en el que se encuentra almacenada, puede ser vertida al emisario.
- **Salmuera.** El vertido de salmuera se realizará al mar por medio de un salmueroducto conforme a los requerimientos de calidad exigidos en la normativa de referencia.

8. ALMACENAMIENTO DE AGUA PRODUCTO

El sistema de post-tratamiento entregará el agua remineralizada (en el caso de agua sanitaria) a los tanques de almacenamiento, desde los cuales se alimentará el sistema de impulsión. La capacidad depende principalmente de:

- Operación de la planta desaladora:
  - producción nominal,
  - horarios de funcionamiento,
  - factor de operación anual,
  - paradas por mantenimiento,
  - paradas no programadas.
- Operación del sistema de impulsión:
  - capacidad nominal,
  - estimación de horarios de funcionamiento,
  - factor de operación anual,
  - paradas por mantenimiento,
  - paradas no programadas,
  - capacidad de almacenamiento del sistema de impulsión.
- Consumo estimado de agua potable: nominal, estacional, horario,…
- Reserva de agua potable necesaria para asegurar el suministro de agua, en caso de una parada no programada de la planta desaladora. La reserva de agua potable se distribuirá entre los tanques de almacenamiento a la salida de la planta desaladora, y los tanques de la instalación de impulsión.

El almacenamiento de agua potable es una instalación que debe diseñarse para compatibilizar la operación de la planta desaladora con la operación del sistema de impulsión de agua, aportando flexibilidad al funcionamiento global de la instalación “generación y suministro de agua”, que va desde la captación de agua de mar, hasta el suministro de agua potable para su consumo.

9. INSTALACIÓN ELÉCTRICA PLANTA DESALADORA

El estudio CAPEX / OPEX de la planta desaladora incluye la estimación de los consumos eléctricos de los principales equipos.

- consumo medio de la planta,
- consumo de equipos y bombas principales,

- instalación eléctrica.

De forma general, el ratio de consumo eléctrico de la planta desaladora está en torno a 4 kW/m^3. En cualquier caso, este valor depende principalmente de:

- Bombeo de captación. Condicionado principalmente por la cota de la parcela y la longitud de la tubería de captación hasta la planta desaladora.
- Definición del proceso. Incluye las unidades de pretratamiento, ósmosis inversa y postratamiento.
- Bombeo de agua producto a distribución. Condicionado principalmente por la distancia y diferencia de cota hasta los puntos de consumo (sector minero, sector agrícola y agua sanitaria).

10. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA PLANTA DESALADORA

En la selección de la localización de la planta desaladora es de vital importancia conocer las redes de distribución existentes para la alimentación eléctrica de la planta desaladora (líneas eléctricas, subestaciones,…).

En los planos del estudio de localización se incluye un “foot print” de la subestación que alimenta a la planta desaladora.

11. LAYOUT DE LAS INSTALACIONES

El Layout de implantación de la planta desaladora incluye las siguientes unidades del proceso de desalación:

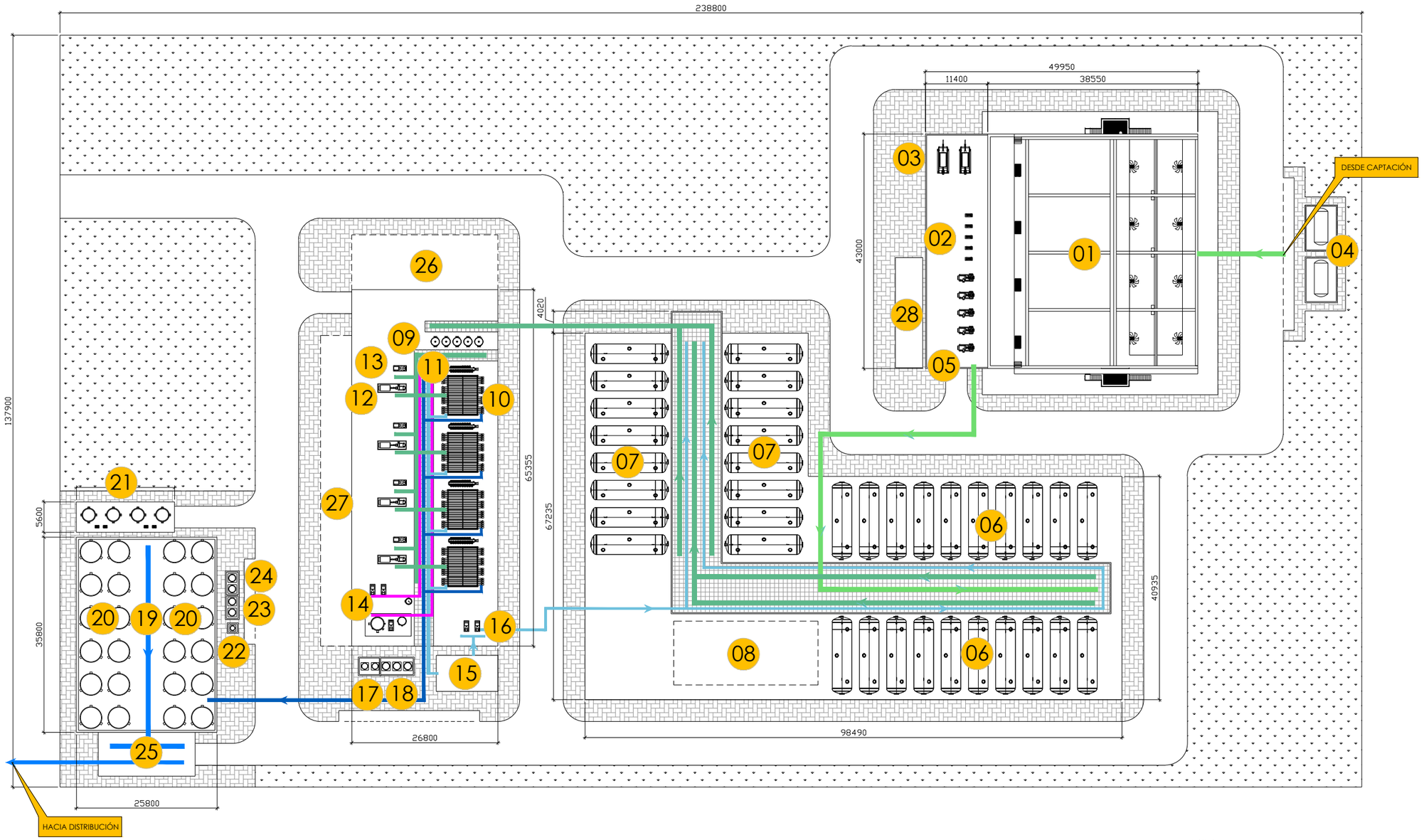
- Captación de agua de mar mediante captación abierta y tubería de captación.
- Estación de bombeo de captación con rejas de desbaste, tamices y bombas horizontales.
- DAF: pretratamiento por coagulación, floculación y flotación.
- Pretratamiento del agua de mar. Se incluyen dos alternativas, según se indica en el informe trade-off.
    - Pretratamiento por filtros de arena – antracita + filtros de cartucho.
    - Pretratamiento por filtros autolimpiables + ultrafiltración.
- Pretratamiento químico.
- Nave de ósmosis inversa. El proceso de ósmosis inversa se pre-dimensiona con cuatro bastidores de ósmosis de producción 250 L/s cada uno.
- Postratamiento por inyección de CO_2 y filtros de dolomita.
- Tanque de almacenamiento de agua producto.
- Subestación eléctrica para alimentación a la planta desaladora.

Anexo 2.1.- Planos Layout

Desalación 1000 L/s

01PR14-2101-A01-Layout DE1000-Filtros-Dimension_rv01.dwg

01PR14-2101-A04-Layout DE1000-UF-Dimension_rv01.dwg



- 01 - DAF
- 02 - BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DAF
- 03 - TRATAMIENTO DE FANGOS DAF
- 04 - DEPÓSITOS CLORURO FÉRRICO
- 05 - BOMBAS DE ALIMENTACIÓN FILTROS A PRESIÓN
- 06 - FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA
- 07 - FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA
- 08 - EDIFICIO DE SOPLANTES
- 09 - FILTROS DE CARTUCHOS
- 10 - BASTIDOR DE ÓSMOSIS INVERSA
- 11 - BASTIDOR ERD
- 12 - BOMBA ALTA PRESIÓN
- 13 - BOMBA BOOSTER
- 14 - LIMPIEZA QUÍMICA ÓSMOSIS INVERSA
- 15 - DEPÓSITO SALMUERA
- 16 - BOMBAS LIMPIEZA DE FILTROS A PRESIÓN
- 17 - DEPÓSITOS ANTIINCRUSTANTE
- 18 - DEPÓSITO BISULFITO
- 19 - DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
- 20 - FILTROS DE DOLOMITA
- 21 - DEPÓSITOS CO2
- 22 - DEPÓSITO DE HIDRÓXIDO SÓDICO
- 23 - DEPÓSITOS DE HIPOCLORITO SÓDICO
- 24 - DEPÓSITOS DE FLUOROSILICATO SÓDICO
- 25 - SALA DE BOMBEO AGUA PRODUCTO
- 26 - EDIFICIO DE CONTROL
- 27 - EDIFICIO ELÉCTRICO
- 28 - CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

- AGUA BRUTA
- AGUA FILTRADA
- AGUA PERMEADO
- SALMUERA
- LIMPIEZA QUÍMICA
- AGUA PRODUCTO

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	2960
FILTROS A PRESIÓN	4285
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	2580
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260

NOTAS:

- Toda las dimensiones están expresadas en mm
- Ubicación de equipos provisional.
- Plano solo de carácter informativo, no válido para construcción.

N°	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

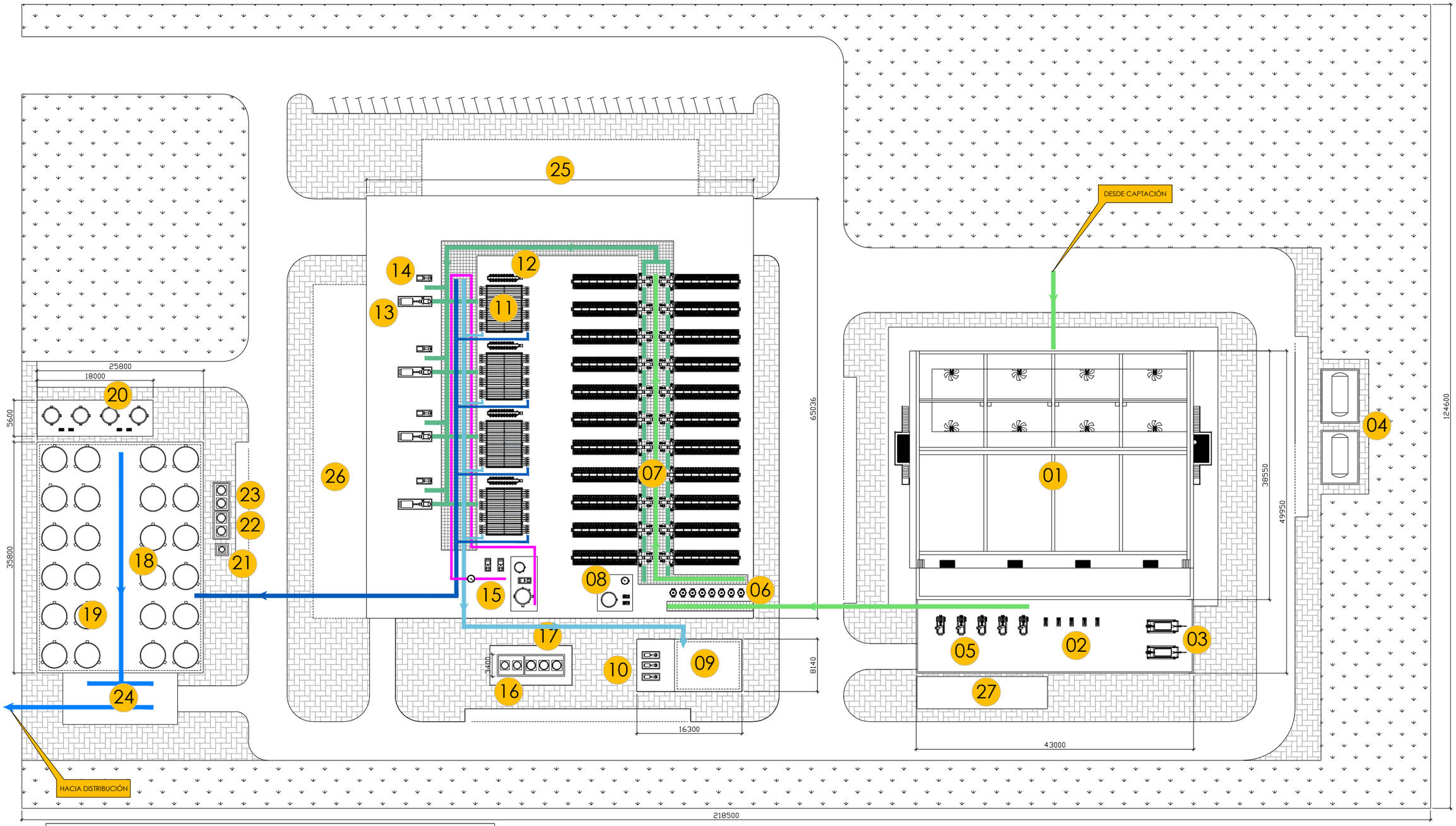
Preparado por: Agua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 1000 L/seg. CON FILTROS A PRESIÓN
LAYOUT

Escala	Formato	Fecha	Plano N°	Hoja	Rev.
1:400	A1	ABRIL 2014	01PR14-2101-A01	1 de 1	01

01PR14-2101-A01-Layout DE1000-Filtros_rv01.dwg



AGUA BRUTA
AGUA FILTRADA
AGUA PERMEADO
SALMUERA
LIMPIEZA QUÍMICA
AGUA PRODUCTO

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	3150
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	5400
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260

NOTAS:

- Toda las dimensiones están expresadas en mm
- Ubicación de equipos provisional.
- Plano solo de carácter informativo, no válido para construcción.

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Aqua Advise IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 1000 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN
LAYOUT

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
1:300	A1	ABRIL 2014	01PR14-2101-A04	1 de 1	01

01PR14-2101-A04-Layout DE1000-UF_rv01.dwg

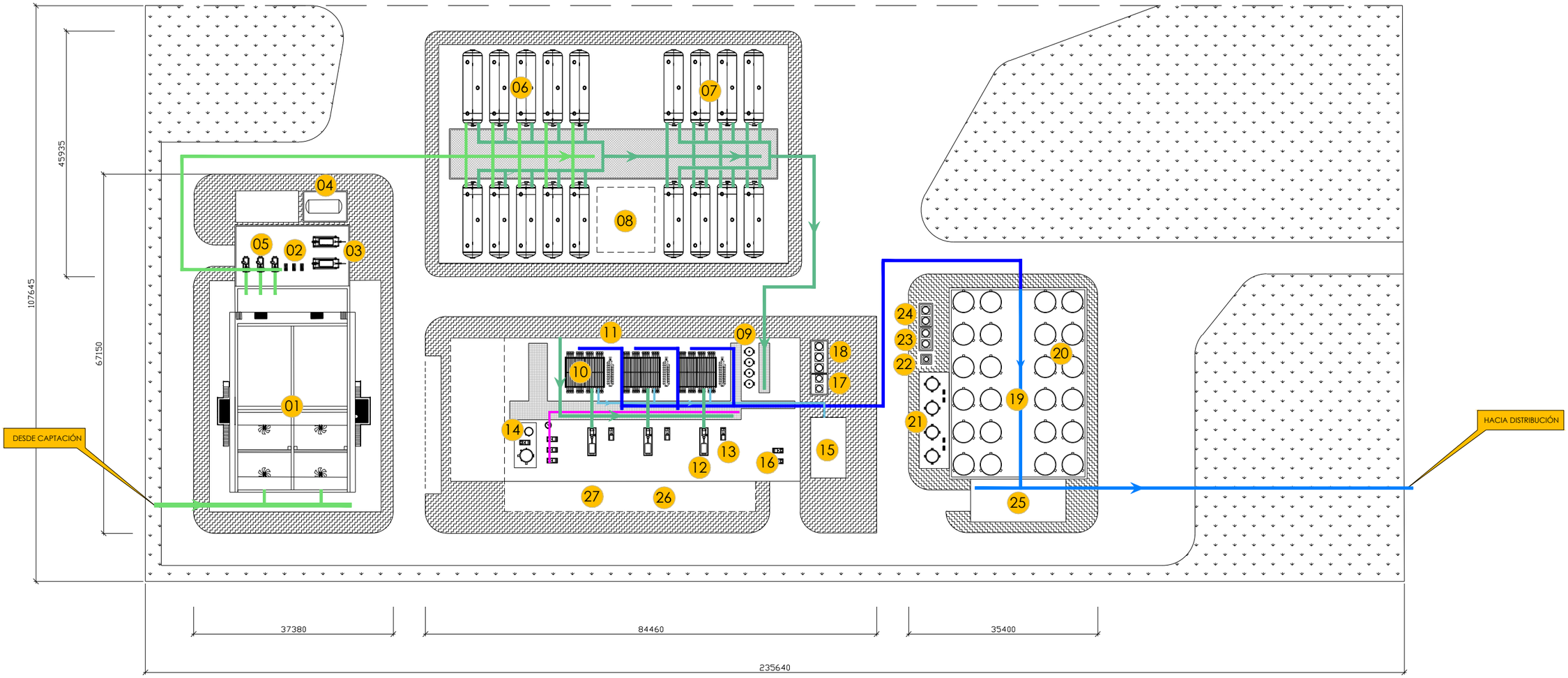
Anexo 2.2.- Planos Layout

Desalación 500 L/s

01PR14-2101-A07-Layout DE_500-Filtros_rv01.dwg

01PR14-2101-A08-Layout DE_500-UF_rv01.dwg

SUPERCIE UTILIZADA APROXIMADA 2.5ha



01 - DAF
02 - BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DAF
03 - TRATAMIENTO DE FANGOS DAF
04 - DEPÓSITOS CLORURO FÉRRICO
05 - BOMBAS DE ALIMENTACIÓN FILTROS A PRESIÓN
06 - FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA
07 - FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA
08 - EDIFICIO DE SOPLANTES
09 - FILTROS DE CARTUCHOS
10 - ÓSMOSIS INVERSA
11 - ERD - RECUPERADOR DE ENERGÍA
12 - BOMBA ALTA PRESIÓN
13 - BOMBA BOOSTER
14 - LIMPIEZA QUÍMICA ÓSMOSIS INVERSA
15 - DEPÓSITO SALMUERA
16 - BOMBAS LIMPIEZA DE FILTROS A PRESIÓN
17 - DEPÓSITOS ANTIINCRUSTANTE
18 - DEPÓSITO BISULFITO
19 - DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
20 - FILTROS DE DOLOMITA
21 - DEPÓSITOS CO2
22 - DEPÓSITO DE HIDRÓXIDO SÓDICO
23 - DEPÓSITOS DE HIPOCLORITO SÓDICO
24 - DEPÓSITOS DE FLUOROSILICATO SÓDICO
25 - SALA DE BOMBEO AGUA PRODUCTO
26 - EDIFICIO DE CONTROL
27 - EDIFICIO ELÉCTRICO

AGUA BRUTA
AGUA FILTRADA
AGUA PERMEADO
SALMUERA
LIMPIEZA QUÍMICA
AGUA PRODUCTO

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	1750
FILTROS A PRESIÓN	2680
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	2195
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260

NOTAS:

- Toda las dimensiones están expresadas en mm
- Ubicación de equipos provisional.
- Plano solo de carácter informativo, no válido para construcción.

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Agua Advise IASUR

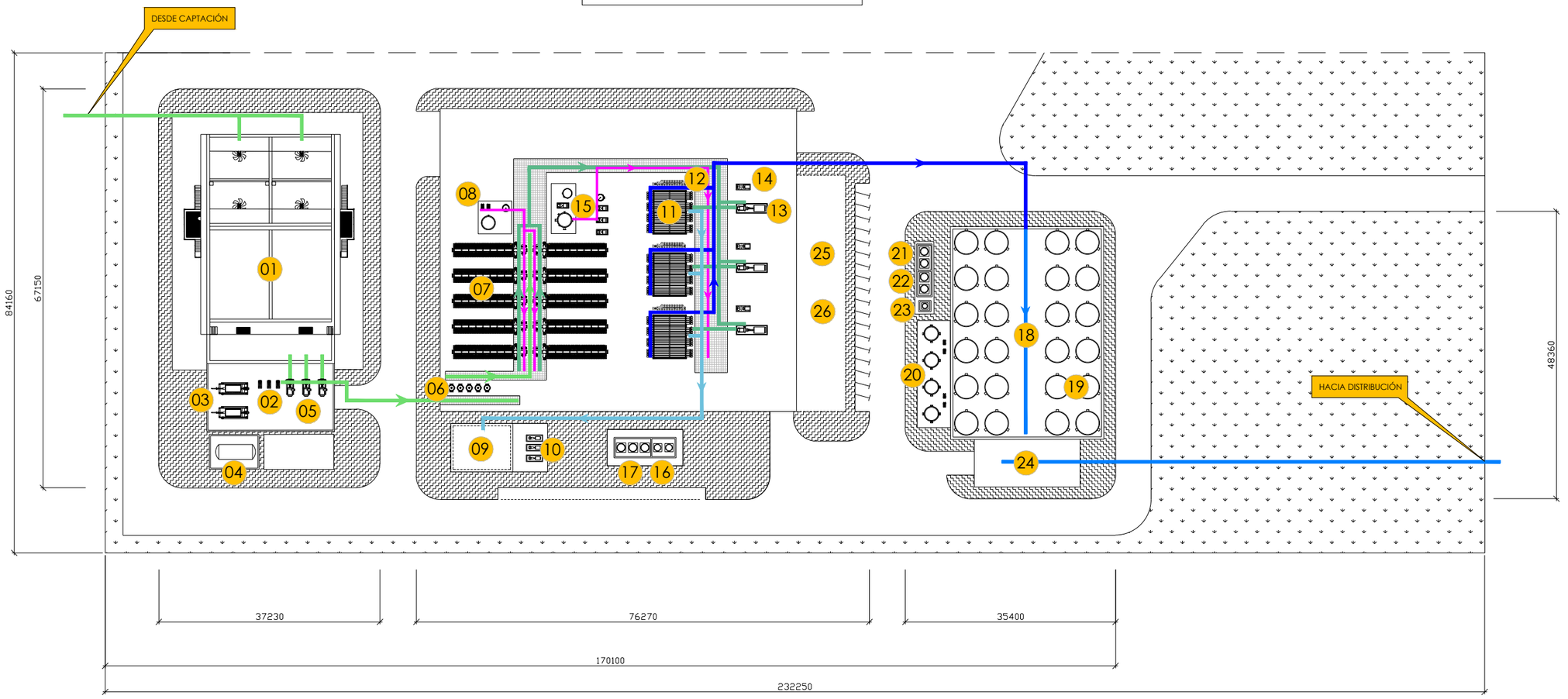
Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 500 L/seg. CON FILTROS A PRESIÓN
LAYOUT

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
1:400	A1	JULIO 2014	01PR14-2101-A07	1 de 1	01

01PR14-2101-A07-Layout DE_500-Filtros_rv01.dwg

SUPERCIE UTILIZADA APROXIMADA 1.95ha



- 01 - DAF
- 02 - BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DAF
- 03 - TRATAMIENTO DE FANGOS DAF
- 04 - DEPÓSITO CLORURO FÉRRICO
- 05 - BOMBAS DE ALIMENTACIÓN ULTRAFILTRACIÓN
- 06 - FILTROS AUTOLIMPIANTES
- 07 - ULTRAFILTRACIÓN
- 08 - LIMPIEZA QUÍMICA ULTRAFILTRACIÓN
- 09 - DEPÓSITO AGUA ULTRAFILTRADA
- 10 - BOMBAS CONTRALAVADO ULTRAFILTRACIÓN
- 11 - ÓSMOSIS INVERSA
- 12 - ERD - RECUPERADOR DE ENERGÍA
- 13 - BOMBA ALTA PRESIÓN
- 14 - BOMBA BOOSTER
- 15 - LIMPIEZA QUÍMICA ÓSMOSIS INVERSA
- 16 - DEPÓSITOS ANTIINCRUSTANTE
- 17 - DEPÓSITOS BISULFITO
- 18 - DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
- 19 - FILTROS DE DOLOMITA
- 20 - DEPÓSITOS CO2
- 21 - DEPÓSITO DE HIDRÓXIDO SÓDICO
- 22 - DEPÓSITOS DE HIPOCLORÍTO SÓDICO
- 23 - DEPÓSITOS DE FLUOROSILICATO SÓDICO
- 24 - SALA DE BOMBEO AGUA PRODUCTO
- 25 - EDIFICIO DE CONTROL
- 26 - EDIFICIO ELÉCTRICO

AGUA BRUTA	SALMUERA
AGUA FILTRADA	LIMPIEZA QUÍMICA
AGUA PERMEADO	AGUA PRODUCTO

SUPERFICIES UTILIZADAS	
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m2)
EDIFICIO DAF Y BOMBEO BAJA PRESIÓN	1750
EDIFICIO DE PROCESO ÓSMOSIS INVERSA	4060
DEPÓSITO AGUA PRODUCTO	1260

NOTAS:

- Toda las dimensiones están expresadas en mm
- Ubicación de equipos provisional.
- Plano solo de carácter informativo, no válido para construcción.

Nº	Revisión	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Cliente: CORPORACION REGION Coquimbo

Preparado por: Aqua Advise / IASUR

Titulo de Plano

PLANTA DESALADORA 500 L/seg. CON ULTRAFILTRACIÓN
LAYOUT PUNTO DE ESTUDIO 1

Escala	Formato	Fecha	Plano Nº	Hoja	Rev.
1:400	A1	JULIO 2014	01PR14-2101-A08	1 de 1	01

01PR14-2101-A08-Layout DE_500-UF_rv01.dwg

3.- PROYECTO BÁSICO DE INFRAESTRUCTURA MARINA

01PR14-2102-DE_PBasico Marina_rv00.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: PROYECTO BÁSICO DE INFRAESTRUCTURA MARINA

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2102-DE_PBasico Marina_rv00.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	RSG	28-06-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 4

2. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA DOCUMENTACIÓN EXISTENTE 5

2.1.- DOCUMENTACIÓN LEGAL 8

2.2.- PLANTA DE TRATAMIENTO PRIMARIO DE LA SERENA 8

2.2.1.- Componentes de la Planta de Tratamiento Preliminar (PTP) 8

2.2.2.- Características principales del Emisario Submarino 8

2.2.3.- Caudales generados en el tratamiento primario de La Serena 9

2.2.4.- Resultados de monitoreo 10

2.2.5.- Proyección de demanda de agua potable 11

2.2.6.- Proyección de demanda de aguas servidas 13

2.3.- PLANTA DE TRATAMIENTO PRIMARIO DE COQUIMBO 15

2.3.1.- Descripción Planta de Tratamiento Preliminar (PTP) 15

2.3.2.- Características principales del Emisario Submarino 15

2.3.3.- Caudales generados en el tratamiento primario de Coquimbo 16

2.3.4.- Resultados de monitoreo 17

2.3.5.- Proyección de demanda de agua potable 18

2.3.6.- Proyección de demanda de aguas servidas 20

2.4.- PLANTAS DESALADORAS EXISTENTES EN CHILE 22

3. CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR 24

3.1.- LOCALIZACIÓN 24

3.2.- TUBERÍA DE CAPTACIÓN 25

3.3.- TORRE DE CAPTACIÓN 26

3.4.- FILTROS PASIVOS 28

4. EMISARIO DE SALMUERA 29

4.1.- TUBERÍA DE VERTIDO 32

4.1.1.- Emisario Submarino existente.- LA SERENA 33

4.1.2.- Emisario Submarino existente.- COQUIMBO 34

4.2.- CARACTERIZACIÓN DEL VERTIDO DE SALMUERA 35

5. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE 36

5.1.- DECRETO 40/2012 36

5.2.- NORMA DS 90/01 – DESCARGA AL MEDIO MARINO 37

5.3.- PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL 39

5.3.1.- Frecuencia de monitoreo 39

6. PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES 41

6.1.- ARTÍCULO 73 (PAS 73) 41

6.2.- ARTÍCULO 83 (PAS 83) 52

6.3.- ARTÍCULO 89 (PAS 89) 52

6.4.- ARTÍCULO 90 (PAS 90) 53

6.5.- ARTÍCULO 91 (PAS 91) 55

6.6.- ARTÍCULO 93 (PAS 93) 56

6.7.- ARTÍCULO 94 (PAS 94) 58

6.8.- ARTÍCULO 95 (PAS 95) 62

6.9.- ARTÍCULO 99 (PAS 99) 62

6.10.- ARTÍCULO 101 (PAS 101) 62

6.11.- ARTÍCULO 102 (PAS 102) 63

6.12.- ARTÍCULO 106 (PAS 106) 63

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento es recoger una información básica como fase preliminar para el diseño de la captación de agua de mar y del emisario de salmuera de la planta desaladora incluida en el estudio técnico-económico comparativo entre la instalación de una planta desaladora y una planta de reutilización de aguas depuradas.

El diseño de la captación y del emisario depende de la ubicación elegida para la instalación de la planta desaladora.

Es importante resaltar que la reutilización de las aguas procedentes de las actuales Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo podría permitir aprovechar los actuales emisarios para el vertido de salmuera procedente de una planta desaladora.

En función del estudio de localización de la planta desaladora, el diseño a nivel de ingeniería conceptual del emisario del agua de rechazo y la captación de agua de mar incluye:

a) Recopilación y análisis de la documentación existente.
b) Descripción general de las diferentes tecnologías para la captación de agua de mar.
c) Características de la captación de agua de mar y del emisario.
d) Propuesta de diseño para la captación.
e) Propuesta de diseño inicial para el vertido de salmuera y efluentes.

2. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA DOCUMENTACIÓN EXISTENTE

De las tres posibles localizaciones para la instalación de la planta desaladora, el punto 1 de estudio se ubica junto al emisario de la planta de tratamiento primario de La Serena, y el punto 3 se ubica junto a la planta de tratamiento primario de Coquimbo.

Un vez que se instale la planta de reutilización ya no habrá vertido de agua tratada al mar desde la planta de tratamiento primario. Por todo esto, se ha revisado la información técnica de los emisarios de las dos plantas de tratamiento de aguas servidas, con el objetivo de utilizarlos para el vertido de la salmuera de la planta desaladora.

En general, las aguas vertidas por ambos emisarios al medio marino deben cumplir con las exigencias contenidas en el D.S. N° 90/00 (“**NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES”)**, específicamente con los límites establecidos en la **Tabla N° 5** del referido D.S. N°90/00, dada la condición que ambos emisarios submarinos tienen sus descargas “**fuera de la zona de protección litoral**” (ZPL).

DECRETO D.S. N° 90/2000

TABLAS 1 y 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LÍQUIDOS A CUERPOS DE AGUA FLUVIALES

	PARAMETROS	Unidad	NORMA EMISION CUERPOS DE AGUA FLUVIALES	
			Sin Dilución	Con Dilución
	FISICOS			
1	Temperatura	°C	35	40
2	Ph	Unidad	6,0 – 8,5	6,0 – 8,5
3	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	80 (*)	300
	QUIMICOS, BIOQUIMICOS Y ORGANICOS.			
4	DBO_5	mg/l	35 (*)	300
5	Hidrocarburos Fijos	mg/l	10	50
6	Aceites y Grasas	mg/l	20	50
7	Poder Espumógeno	mm.	7	7
	NUTRIENTES			
8	Fósforo total	mg/l	10	15
9	Nitrógeno Total (Kjeldahl)	mg/l	50	75
	TOXICOS NO ACUMULATIVOS			
10	Cianuros	mg/l	0,2	1
11	Cloruros	mg/l	400	2.000
12	Indice de Fenol	mg/l	0,5	1
13	Fluoruro	mg/l	1,5	5
14	Pentaclorofenol	mg/l	0,009	0,01
15	Tetracloroeteno	mg/l	0,04	0,4
16	Tolueno	mg/l	0,7	7
17	Triclorometano	mg/l	0,2	0,5
18	Sulfatos	mg/l	2.000	2.000
19	Sulfuros	mg/l	1	10
20	Xileno	mg/l	0,5	5
	METALES PESADOS.			
21	Aluminio	mg/l	5	10
22	Arsénico	mg/l	0,5	1
23	Boro	mg/l	0,75	3
24	Cadmio	mg/l	0,01	0,3
25	Cobre Total	mg/l	1	3
26	Cromo VI	mg/l	0,05	0,2
27	Hierro Disuelto	mg/l	5	10
28	Manganeso	mg/l	0,3	3
29	Mercurio	mg/l	0,001	0,01
30	Molibdeno	mg/l	1	2,5
31	Níquel	mg/l	0,2	3
32	Plomo	mg/l	0,05	0,5
33	Selenio	mg/l	0,01	0,1
34	Zinc	mg/l	3	20
	PARAMETROS MICROBIOLOGICOS.			
35	Coliformes fecales	NMP/100ml	1.000	1.000

(*) Se debe descontar el contenido de algas para efluentes de plantas de tratamiento de aguas servidas domésticas.

d= Caudal disponible cuerpo receptor / Caudal medio mensual efluente vertido.

Ci= T1ix (1+d)

TABLAS 4 y 5

LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LÍQUIDOS A CUERPOS DE AGUA MARINOS

	PARAMETROS	Unidad	NORMA EMISION CUERPOS DE AGUA MARINOS	
			DENTRO ZPL	FUERA ZPL
				(Año 10° vigencia D.S.)
	FISICOS			
1	Temperatura	ºC	30	-
2	PH	Unidad	6,0 – 9,0	5,5 – 9,0
3	Sólidos Susp. Totales	mg/l	100	700 **(300)**
4	Sólidos Sedimentables	ml/l/h	5	50 **(20)**
	QUÍMICOS, BIOQUIMICOS Y ORGANICOS.			
5	DBO_5	mg/l	60	-
6	Hidrocarburos Totales	mg/l	10	20
7	Hidrocarburos	mg/l	1	2
8	Aceites y Grasas	mg/l	20	350 **(150)**
9	Detergentes - SAAM	mg/l	10	15
	NUTRIENTES			
10	Fósforo total	mg/l	5	-
11	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	50	-
	TOXICOS NO ACUMULATIVOS			
12	Cianuros	mg/l	0,5	1
13	Indice de Fenol	mg/l	0,5	1
14	Fluoruros	mg/l	1,5	6
15	Sulfuros	mg/l	1	5
	METALES PESADOS.			
16	Aluminio	mg/l	1	10
17	Arsénico	mg/l	0,2	0,5
18	Cadmio	mg/l	0,02	0,5
19	Cobre	mg/l	1	3
20	Cromo VI	mg/l	0,2	0,5
21	Cromo Total	mg/l	2,5	10
22	Estaño	mg/l	0,5	1
23	Hierro Disuelto	mg/l	10	-
24	Manganeso	mg/l	2	4
25	Mercurio	mg/l	0,005	0,02
26	Molibdeno	mg/l	0,1	0,5
27	Níquel	mg/l	2	4
28	Plomo	mg/l	0,2	1
29	Selenio	mg/l	0,01	0,03
30	Zinc	mg/l	5	5
	PARAMETROS MICROBIOLOGICOS.			
31	Coliformes fecales	NMP/100	1.000 – 70*	-

(*) En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100ml.

ZPL= A= ((1,28x Hb)/m)x 1,6
En que,
Hb = altura media de la rompiente (mts.).
m = pendiente del fondo.
A = ancho zona de protección de litoral (mts.).

2.1.- DOCUMENTACIÓN LEGAL

Junto a este documento se incorpora el ***Anexo 01PR14-2104-A01-Documentacion Legal_rv00.pdf*** con las autorizaciones facilitadas por la empresa sanitaria Aguas del Valle.

- Orden 12 600-20 de fecha 29/09/1997.- Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente al mejoramiento integral del Sistema de Alcantarillado La Serena – Coquimbo.
- Resolución Exenta nº 64 de fecha 19/05/2006.- Califica el Estudio de Impacto Ambiental "Coquimbo: Planta de tratamiento de aguas servidas y emisario submarino".

2.2.- PLANTA DE TRATAMIENTO PRIMARIO DE LA SERENA

2.2.1.- Componentes de la Planta de Tratamiento Preliminar (PTP)

- Rejas gruesas automáticas, de paso 2,5 cm (2 unidades en paralelo).
- Desarenadores (2 unidades en paralelo).
- Clasificador de arenas.
- Dispositivo separador y triturador de flotantes (2 unidades en paralelo).
- Rejas finas automáticas de paso 6 mm (2 unidades en paralelo) y compactador de sólidos retenidos.
- Medidor de caudal ultrasónico (medición instantánea y totalizador).
- Generador Eléctrico de emergencia, destinado a alimentar la planta en caso de corte de energía.
- Tratamiento de olores: filtros de olores de carbón activado (2 unidades), cada uno de ellos destinados a purificar áreas encapsuladas donde se emplazan rejas gruesas-desarenadores y rejas finas.

2.2.2.- Características principales del Emisario Submarino

- Longitud Emisario: 1.710 m.
- Material : Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- Diámetro: 900 mm
- Profundidad de la descarga: 19 m aproximadamente.
- Zona Protección Litoral (ZPL): 676 m.
- Difusores:
  - Longitud Difusores: 2 ramales de 40 m c/u.
  - Material: Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
  - Diámetro: 630 mm
  - Número de Toberas (portas): 19 por ramal de difusor
  - Diámetro Toberas: 11,0 cm (interior)

2.2.3.- Caudales generados en el tratamiento primario de La Serena

En la tabla siguiente se muestran los volúmenes mensuales correspondientes al año 2103, a partir de cuya información es posible establecer los coeficientes propios de la estacionalidad de cada sistema.

EMISARIO LA SERENA – Año 2013	
	VOLUMEN TRATADO (m^3/mes)
ENERO	1.311.945
FEBRERO	1.248.556
MARZO	1.213.547
ABRIL	1.139.201
MAYO	1.196.772
JUNIO	1.124.422
JULIO	1.096.809
AGOSTO	1.120.037
SEPTIEMBRE	1.131.123
OCTUBRE	1.202.191
NOVIEMBRE	1.175.250
DICIEMBRE	982.615
TOTAL 2013	13.942.468
Qmed. (l/s)	442,1

Fuente.- Aguas del Valle – Informe PR023 / Planillas de operaciones (Registros).

2.2.4.- Resultados de monitoreo

Se incluye la información facilitada por la empresa sanitaria Aguas del Valle respecto a los resultados de monitoreo del emisario, efectuados en el mes de Febrero de 2014

Nro.Muestra	Servicio	Punto	F/H Muestreo	Tipo Muestra	Muestreador	T° 1 (°C)	pH 1	T° 2 (°C)	pH 2	SST (mg/L)	SSed (mg/L/h)	DBO5 (mg/L)	HCT (mg/l)	HCF (mg/L)	HCV (mg/L)	AyG (mg/L)	SAAM (mg/l)
AR00625	La Serena	Afluente Emisario La Serena	05/02/2014 11:05	Emisario	AJ Monitoreos	19,9	8	19	7,9	63		190		< 5,0	< 0,10	54	4,59
AR00624	La Serena	Afluente Emisario La Serena	06/02/2014 11:00	Emisario	AJ Monitoreos	18,2	8	***	***								
AR00627	La Serena	Efluente Emisario La Serena	05/02/2014 11:00	Emisario	AJ Monitoreos	19,1	7,9	18,3	7,9	68		119		< 5,0	< 0,10	42	3,72
AR00626	La Serena	Efluente Emisario La Serena	06/02/2014 10:35	Emisario	AJ Monitoreos	17,9	7,9	***	***								
AR00747	La Serena	Efluente Emisario La Serena	12/02/2014 14:00	Emisario	AJ Monitoreos	20,4	8	***	***	281		278		< 5,0	< 0,10	158	2,93
AR00746	La Serena	Efluente Emisario La Serena	13/02/2014 15:40	Emisario	AJ Monitoreos	18,3	8	***	***								
AR00902	La Serena	Efluente Emisario La Serena	19/02/2014 15:00	Emisario	AJ Monitoreos	20,2	8	***	***	134		172		< 5,0	< 0,10	63	3,1
AR00901	La Serena	Efluente Emisario La Serena	20/02/2014 15:10	Emisario	AJ Monitoreos	20,6	8	***	***								
AR01007	La Serena	Efluente Emisario La Serena	26/02/2014 15:37	Emisario	AJ Monitoreos	19,8	8	***	***	285	7	183		< 5,0	< 0,10	172	5,19
AR01006	La Serena	Efluente Emisario La Serena	27/02/2014 14:55	Emisario	AJ Monitoreos	19,6	8	***	***								

Nro.Muestra	CN (mg/l)	CF (NMP/100 ml)	Cu (mg/l)	F (mg/l)	S (mg/l)	AL (mg/l)	AS (mg/l)	CD (mg/l)	Cr VI (mg/)	Cr (mg/l)	Sn (mg/l)	Mn (mg/l)	Hg (mg/l)	Mo (mg/l)	Ni (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	Zn (mg/l)	DQO (mg/l)	FENOLES (mg/l)
AR00625																				
AR00624		1,3 E+07																		
AR00627																				
AR00626		1,1 E+07																		
AR00747	< 0,01		0,09	< 0,02	< 0,1	< 1	0,008	< 0,005	< 0,010	0,04	< 0,5	0,06	< 0,001	< 0,005	< 0,02	0,066	< 0,003	0,241		0,075
AR00746		2,0 E+00																		
AR00902																				
AR00901		2,0 E+06																		
AR01007																				
AR01006		1,7 E+07																		

2.2.5.- Proyección de demanda de agua potable

Se incluye la información facilitada por la empresa sanitaria Aguas del Valle.

PROYECCIÓN DEMANDA DE AGUA POTABLE **CLIENTES REGULADOS + 52 BIS**
LOCALIDAD: **La Serena**

	Año	Población Total T.O.		Cobertura	Población Abastecida		Indice Habitacional		Clientes	Consumo Periodo no Punta			Consumo Periodo Punta		
										Dotación		Volumen	Dotación		Volumen
		PnoP	PP	AP	PnoP	PP	PnoP	PP		Población	Clientes		Población	Clientes	
		Hab	Hab	%	Hab	Hab	Hab/viv	Hab/viv	N°	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/PnoP	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/PP
6	2010	195.572	195.572	100,0%	195.572	195.572	3,32	3,32	61.582	155,1	15,0	7.378.990	183,1	17,7	4.357.410
7	2011	199.777	199.777	100,0%	199.777	199.777	3,31	3,31	63.292	158,1	15,2	7.684.262	189,6	18,2	4.608.203
8	2012	203.982	203.982	100,0%	203.982	203.982	3,29	3,29	64.997	158,7	15,1	7.876.562	190,3	18,2	4.723.524
9	2013	208.187	208.187	100,0%	208.187	208.187	3,27	3,27	66.695	159,3	15,1	8.067.540	191,0	18,1	4.838.052
10	2014	212.393	212.393	100,0%	212.393	212.393	3,26	3,26	68.382	159,8	15,1	8.256.922	191,6	18,1	4.951.624
11	2015	216.599	216.599	100,0%	216.599	216.599	3,24	3,24	70.056	160,2	15,1	8.444.264	192,2	18,1	5.063.971
12	2016	220.805	220.805	100,0%	220.805	220.805	3,23	3,23	71.714	160,6	15,0	8.627.216	192,6	18,0	5.173.687
13	2017	225.012	225.012	100,0%	225.012	225.012	3,22	3,22	73.351	160,9	15,0	8.807.367	192,9	18,0	5.281.722
14	2018	229.219	229.219	100,0%	229.219	229.219	3,20	3,20	75.030	161,2	15,0	8.991.780	193,4	18,0	5.392.313
15	2019	233.426	233.426	100,0%	233.426	233.426	3,19	3,19	76.709	161,5	15,0	9.175.812	193,8	17,9	5.502.676
16	2020	237.633	237.633	100,0%	237.633	237.633	3,18	3,18	78.390	161,9	14,9	9.359.451	194,1	17,9	5.612.803
17	2021	241.840	241.840	100,0%	241.840	241.840	3,17	3,17	80.105	162,2	14,9	9.546.668	194,6	17,9	5.725.076
18	2022	246.047	246.047	100,0%	246.047	246.047	3,15	3,15	81.857	162,6	14,9	9.737.533	195,1	17,8	5.839.536
19	2023	250.254	250.254	100,0%	250.254	250.254	3,14	3,14	83.645	163,1	14,8	9.932.119	195,6	17,8	5.956.229
20	2024	254.460	254.460	100,0%	254.460	254.460	3,12	3,12	85.470	163,6	14,8	10.130.501	196,2	17,8	6.075.197
21	2025	258.667	258.667	100,0%	258.667	258.667	3,11	3,11	87.334	164,2	14,8	10.332.752	196,9	17,7	6.196.486
22	2026	262.874	262.874	100,0%	262.874	262.874	3,09	3,09	89.237	164,8	14,8	10.538.951	197,6	17,7	6.320.142
23	2027	267.081	267.081	100,0%	267.081	267.081	3,07	3,07	91.181	165,4	14,7	10.749.363	198,4	17,7	6.446.325

Notas:

Año	Consumo Anual				Factores de Diseño		Caudales de Consumo			Pérdidas Producción Distribibución	Caudales de Producción			
	Dotación		Volumen		FMD	FMH	Qmedio	Qmáxdiario	Qmáxhor		Volumen	Qmedio	Qmáxdiario	Qmáxhor
	Población l/hab/día	Clientes m3/cli/mes	Anual m3/año	Sobrecons m3/año			l/s	l/s	l/s	%	m3/año	l/s	l/s	l/s
2010	164,4	15,9	11.736.399	287.864	1,31	1,50	372,2	489,1	733,6	26,6%	15.986.291	506,9	666,2	999,3
2011	168,6	16,2	12.292.466	318.436	1,31	1,50	389,8	512,3	768,4	26,6%	16.743.715	530,9	697,7	1.046,6
2012	169,2	16,2	12.600.087	326.405	1,31	1,50	399,5	525,1	787,6	26,6%	17.162.730	544,2	715,2	1.072,8
2013	169,8	16,1	12.905.592	334.319	1,31	1,50	409,2	537,8	806,7	26,6%	17.578.862	557,4	732,5	1.098,8
2014	170,4	16,1	13.208.546	342.167	1,31	1,50	418,8	550,4	825,6	26,6%	17.991.519	570,5	749,7	1.124,6
2015	170,9	16,1	13.508.235	349.931	1,31	1,50	428,3	562,9	844,4	26,6%	18.399.730	583,5	766,8	1.150,1
2016	171,2	16,0	13.800.903	357.512	1,31	1,50	437,6	575,1	862,7	26,6%	18.798.377	596,1	783,4	1.175,1
2017	171,5	16,0	14.089.090	364.978	1,31	1,50	446,8	587,1	880,7	26,6%	19.190.919	608,5	799,7	1.199,6
2018	171,9	16,0	14.384.093	372.620	1,31	1,50	456,1	599,4	899,1	26,6%	19.592.746	621,3	816,5	1.224,7
2019	172,3	15,9	14.678.488	380.246	1,31	1,50	465,5	611,7	917,5	26,6%	19.993.746	634,0	833,2	1.249,8
2020	172,6	15,9	14.972.255	387.856	1,31	1,50	474,8	623,9	935,9	26,6%	20.393.888	646,7	849,9	1.274,8
2021	173,0	15,9	15.271.743	395.614	1,31	1,50	484,3	636,4	954,6	26,6%	20.801.826	659,6	866,9	1.300,3
2022	173,5	15,9	15.577.069	403.524	1,31	1,50	493,9	649,1	973,7	26,6%	21.217.713	672,8	884,2	1.326,3
2023	173,9	15,8	15.888.348	411.587	1,31	1,50	503,8	662,1	993,2	26,6%	21.641.710	686,3	901,9	1.352,8
2024	174,5	15,8	16.205.698	419.808	1,31	1,50	513,9	675,3	1.013,0	26,6%	22.073.976	700,0	919,9	1.379,8
2025	175,1	15,8	16.529.238	428.190	1,31	1,50	524,1	688,8	1.033,2	26,6%	22.514.675	713,9	938,2	1.407,4
2026	175,7	15,7	16.859.093	436.734	1,31	1,50	534,6	702,6	1.053,8	26,6%	22.963.974	728,2	957,0	1.435,4
2027	176,4	15,7	17.195.688	445.454	1,31	1,50	545,3	716,6	1.074,9	26,6%	23.422.454	742,7	976,1	1.464,1

Notas: 1.- Volumen anual incluye sobreconsumo.

2.2.6.- Proyección de demanda de aguas servidas

Se incluye la información facilitada por la empresa sanitaria Aguas del Valle.

PROYECCIÓN DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS CLIENTES REGULADOS + 52 BIS
LOCALIDAD: La Serena

Año	Población Total T.O.		Cobertura	Población Saneada		Clientes Servidos	Volumen Periodo no Punta			Volumen Periodo Punta			Volumen Anual		
							Dotación		Volumen	Dotación		Volumen	Dotación		Volumen
	PnoP	PP	AS	PnoP	PP	AS	Población	Clientes		Población	Clientes		Población	Clientes	Anual
	Hab	Hab	%	Hab	Hab	N°	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/PnoP	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/PP	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/año
2010	195.542	195.542	99,1%	193.743	193.743	60.888	151,9	14,7	7.162.257	176,1	17,0	4.151.246	160,0	15,5	11.313.503
2011	199.747	199.747	99,1%	197.982	197.982	62.724	159,9	15,4	7.705.481	186,6	17,9	4.494.253	168,8	16,2	12.199.734
2012	203.953	203.953	99,2%	202.225	202.225	64.437	160,4	15,3	7.893.147	187,4	17,9	4.611.741	169,4	16,2	12.504.888
2013	208.158	208.158	99,2%	206.471	206.471	66.145	160,8	15,3	8.079.196	188,2	17,9	4.728.676	170,0	16,1	12.807.873
2014	212.364	212.364	99,2%	210.720	210.720	67.844	161,2	15,2	8.263.283	189,0	17,9	4.844.850	170,4	16,1	13.108.133
2015	216.571	216.571	99,3%	214.973	214.973	69.530	161,4	15,2	8.445.054	189,6	17,8	4.960.052	170,8	16,1	13.405.106
2016	220.777	220.777	99,3%	219.229	219.229	71.202	161,7	15,1	8.624.157	190,2	17,8	5.074.066	171,2	16,0	13.698.223
2017	224.985	224.985	99,3%	223.488	223.488	72.855	161,8	15,1	8.800.236	190,7	17,8	5.186.675	171,5	16,0	13.986.912
2018	229.192	229.192	99,4%	227.751	227.751	74.549	162,0	15,1	8.980.367	191,3	17,8	5.302.050	171,8	16,0	14.282.417
2019	233.399	233.399	99,4%	232.016	232.016	76.246	162,2	15,0	9.159.898	191,9	17,8	5.417.451	172,1	15,9	14.577.350
2020	237.606	237.606	99,4%	236.285	236.285	77.945	162,4	15,0	9.338.809	192,5	17,7	5.532.866	172,4	15,9	14.871.675
2021	241.813	241.813	99,5%	240.557	240.557	79.680	162,7	14,9	9.521.076	193,1	17,7	5.650.653	172,8	15,9	15.171.729
2022	246.020	246.020	99,5%	244.831	244.831	81.452	162,9	14,9	9.706.763	193,7	17,7	5.770.862	173,2	15,8	15.477.625
2023	250.227	250.227	99,6%	249.109	249.109	83.262	163,3	14,9	9.895.936	194,5	17,7	5.893.543	173,7	15,8	15.789.479
2024	254.434	254.434	99,6%	253.390	253.390	85.111	163,6	14,8	10.088.661	195,2	17,7	6.018.746	174,2	15,8	16.107.407
2025	258.640	258.640	99,6%	257.674	257.674	86.999	164,0	14,8	10.285.005	196,1	17,7	6.146.525	174,7	15,7	16.431.530
2026	262.847	262.847	99,7%	261.961	261.961	88.927	164,5	14,7	10.485.037	196,9	17,6	6.276.932	175,3	15,7	16.761.969
2027	267.054	267.054	99,7%	266.251	266.251	90.898	165,0	14,7	10.689.015	197,9	17,6	6.410.135	176,0	15,7	17.099.150

Notas:

Año	Coeficiente de Recuperación =			0,8	Q	Q	Q	Qmáx	Carga KgDBO5/día			Kg SST/día	Kg lodo/día
	Q Medio l/s	Qmáx Diario l/s	Coeficiente Harmon	Qmáx Horario l/s	infiltración l/s	Aguas Lluvias l/s	Medio Total l/s	Horario Total l/s	Domestico	RILES	Total		
2010	287,0	377,2	1,8	511,2	0,0	0,0	287,0	511,2	7.750	428	8.178	6.308	57.624
2011	309,5	406,7	1,8	549,2	0,0	0,0	309,5	549,2	7.919	428	8.348	6.444	58.885
2012	317,2	416,9	1,8	561,0	0,0	0,0	317,2	561,0	8.089	428	8.517	6.579	60.147
2013	324,9	427,0	1,8	572,5	0,0	0,0	324,9	572,5	8.259	428	8.687	6.715	61.410
2014	332,5	437,0	1,8	583,9	0,0	0,0	332,5	583,9	8.429	428	8.857	6.851	62.674
2015	340,1	446,9	1,8	595,2	0,0	0,0	340,1	595,2	8.599	428	9.027	6.987	63.939
2016	347,5	456,7	1,7	606,2	0,0	0,0	347,5	606,2	8.769	428	9.198	7.123	65.204
2017	354,8	466,3	1,7	617,0	0,0	0,0	354,8	617,0	8.940	428	9.368	7.260	66.471
2018	362,3	476,1	1,7	628,0	0,0	0,0	362,3	628,0	9.110	428	9.539	7.396	67.739
2019	369,8	486,0	1,7	639,0	0,0	0,0	369,8	639,0	9.281	428	9.709	7.533	69.008
2020	377,3	495,8	1,7	649,9	0,0	0,0	377,3	649,9	9.451	428	9.880	7.669	70.277
2021	384,9	505,8	1,7	661,1	0,0	0,0	384,9	661,1	9.622	428	10.051	7.806	71.548
2022	392,6	516,0	1,7	672,4	0,0	0,0	392,6	672,4	9.793	428	10.222	7.943	72.819
2023	400,5	526,4	1,7	684,0	0,0	0,0	400,5	684,0	9.964	428	10.393	8.080	74.092
2024	408,6	537,0	1,7	695,8	0,0	0,0	408,6	695,8	10.136	428	10.564	8.217	75.365
2025	416,8	547,8	1,7	707,9	0,0	0,0	416,8	707,9	10.307	428	10.735	8.354	76.639
2026	425,2	558,8	1,7	720,1	0,0	0,0	425,2	720,1	10.478	428	10.907	8.491	77.914
2027	433,8	570,0	1,7	732,7	0,0	0,0	433,8	732,7	10.650	428	11.079	8.628	79.190

Notas: 1.- Volumen anual incluye sobreconsumo.
2.- Caudales medio y máximo horario corresponden al medio anual.

2.3.- PLANTA DE TRATAMIENTO PRIMARIO DE COQUIMBO

2.3.1.- Descripción Planta de Tratamiento Preliminar (PTP)

A la llegada al recinto de la Planta se ubica una reja gruesa del tipo manual (paso 5 cm.), para dar paso posteriormente al Tratamiento Físico propiamente tal, cuenta con seis módulos compactos de tratamiento físico, marca Huber, modelo Rotamat Ro.5, tamaño BG9, los que en conjunto entregan una capacidad de tratamiento de 1.250 lts/seg. (Incluye sobrecarga). El funcionamiento de esta planta es automático. Una vez que las aguas servidas pasan por los módulos y en ellos son retirados los sólidos sedimentables y arenas > a 0.2 mm., en un 90%, además de grasas y aceites, las aguas son conducidas mediante el denominado emisario terrestre hasta una cámara de carga ubicada en el borde costero desde donde nace el emisario submarino, el cual conduce las aguas hasta una profundidad de 90 metros (aprox.) y a una distancia del borde costero de 880 metros.

Esta planta incluye además un medidor de caudal ultrasónico, generador eléctrico de emergencia destinado a alimentar toda la planta en caso de corte de energía y un filtro de carbón activado para el tratamiento de olores destinado a purificar el área encapsulada donde se emplazan los módulos Huber.

2.3.2.- Características principales del Emisario Submarino

- Longitud Emisario: 880 m.
- Material : Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- Diámetro: 900 mm
- Profundidad de la descarga: 87 m aproximadamente.
- Zona Protección Litoral (ZPL): 100 m.
- Difusores:
  - Una rama, colineal al Emisario.
  - Número de Toberas (portas): 4
  - Diámetro Toberas: 30,0 cm (interior)

2.3.3.- Caudales generados en el tratamiento primario de Coquimbo

En la tabla siguiente se muestran los volúmenes mensuales correspondientes al año 2103, a partir de cuya información es posible establecer los coeficientes propios de la estacionalidad de cada sistema.

EMISARIO COQUIMBO – Año 2013	
	VOLUMEN TRATADO (m^3/mes)
ENERO	1.023.955
FEBRERO	1.002.352
MARZO	1.060.919
ABRIL	937.820
MAYO	1.005.757
JUNIO	989.886
JULIO	934.502
AGOSTO	1.026.059
SEPTIEMBRE	1.011.165
OCTUBRE	1.052.000
NOVIEMBRE	1.053.699
DICIEMBRE	1.062.111
TOTAL 2013	12.160.226
Qmed. (l/s)	385,6

Fuente.- Aguas del Valle – Informe PR023 / Planillas de operaciones (Registros).

2.3.4.- Resultados de monitoreo

Se incluye la información facilitada por la empresa sanitaria Aguas del Valle respecto a los resultados de monitoreo del emisario, efectuados en el mes de Febrero de 2014

Nro.Muestra	Servicio	Punto	F/H Muestreo	Tipo Muestra	Muestreador	T° 1 (°C)	pH 1	T° 2 (°C)	pH 2	SST (mg/L)	SSed (mg/L/h)	DBO5 (mg/L)	HCT (mg/l)	HCF (mg/L)	HCV (mg/L)	AyG (mg/L)	SAAM (mg/l)
AR00730	Coquimbo	Afluente Emisario Coquimbo	12/02/2014 10:10	Emisario	AJ Monitoreos	20	8	***	***	222	5	164		< 5,0	< 0,10	76	8,09
AR00753	Coquimbo	Afluente Emisario Coquimbo	13/02/2014 9:50	Emisario	AJ Monitoreos	19,6	7,9	***	***								
AR00619	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	05/02/2014 12:29	Emisario	AJ Monitoreos	21,7	8,1	***	***		1,6	124		5	< 0,10	50	3,11
AR00618	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	06/02/2014 11:40	Emisario	AJ Monitoreos	21,8	7,9	***	***								
AR00631	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	06/02/2014 12:29	Emisario	AJ Monitoreos	***	***	***	***	144		180					
AR00732	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	12/02/2014 10:00	Emisario	AJ Monitoreos	19,1	8	***	***	246	5	177		< 5,0	< 0,10	73	5,31
AR00731	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	13/02/2014 9:20	Emisario	AJ Monitoreos	18,6	8	***	***								
AR00896	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	19/02/2014 14:00	Emisario	AJ Monitoreos	19,5	8	***	***	148	2,5	248		< 5,0	< 0,10	58	1,8
AR00895	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	20/02/2014 14:15	Emisario	AJ Monitoreos	20,1	8	***	***								
AR00999	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	26/02/2014 13:21	Emisario	AJ Monitoreos	19,9	8	***	***	238	4,5	209		< 5,0	< 0,10	64	5,45
AR00998	Coquimbo	Efluente Emisario Coquimbo	27/02/2014 13:45	Emisario	AJ Monitoreos	20,2	8	***	***								

Nro.Muestra	CN (mg/l)	CF (NMP/100 ml)	Cu (mg/l)	F (mg/l)	S (mg/l)	AL (mg/l)	AS (mg/l)	CD (mg/l)	Cr VI (mg/)	Cr (mg/l)	Sn (mg/l)	Mn (mg/l)	Hg (mg/l)	Mo (mg/l)	Ni (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	Zn (mg/l)	DQO (mg/l)	FENOLES (mg/l)
AR00730																				
AR00753		2,0 E+06																		
AR00619																			425	0,032
AR00618		5,0 E+07																		
AR00631																				
AR00732	< 0,01		0,1	< 0,02	< 0,1	< 1	< 0,001	< 0,005	< 0,010	0,04	< 0,5	0,02	< 0,001	< 0,005	< 0,02	0,068	< 0,003	0,24	360	0,08
AR00731		8,0 E+06																		
AR00896																			500	0,052
AR00895		1,3 E+07																		
AR00999																			421	0,095
AR00998		8,0 E+06																		

2.3.5.- Proyección de demanda de agua potable

Se incluye la información facilitada por la empresa sanitaria Aguas del Valle.

PROYECCIÓN DEMANDA DE AGUA POTABLE **CLIENTES REGULADOS + 52 BIS**
LOCALIDAD: **Coquimbo**

	Año	Población Total T.O.		Cobertura	Población Abastecida		Indice Habitacional		Clientes	Consumo Periodo no Punta			Consumo Periodo Punta		
										Dotación		Volumen	Dotación		Volumen
		PnoP	PP	AP	PnoP	PP	PnoP	PP		Población	Clientes		Población	Clientes	
		Hab	Hab	%	Hab	Hab	Hab/viv	Hab/viv	N°	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/PnoP	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/PP
6	2010	194.679	194.679	100,0%	194.679	194.679	3,49	3,49	58.327	142,9	14,5	6.769.232	170,2	17,3	4.030.853
7	2011	198.493	198.493	100,0%	198.493	198.493	3,47	3,47	59.963	145,7	14,7	7.037.737	177,2	17,8	4.279.078
8	2012	202.304	202.304	100,0%	202.304	202.304	3,49	3,49	60.740	144,7	14,7	7.121.170	175,9	17,8	4.329.808
9	2013	206.117	206.117	100,0%	206.117	206.117	3,49	3,49	61.829	144,4	14,6	7.240.906	175,6	17,8	4.402.609
10	2014	209.932	209.932	100,0%	209.932	209.932	3,49	3,49	63.049	144,4	14,6	7.375.739	175,6	17,8	4.484.590
11	2015	213.755	213.755	100,0%	213.755	213.755	3,48	3,48	64.260	144,4	14,6	7.509.123	175,6	17,8	4.565.690
12	2016	217.578	217.578	100,0%	217.578	217.578	3,48	3,48	65.529	144,4	14,6	7.647.222	175,6	17,7	4.649.657
13	2017	221.400	221.400	100,0%	221.400	221.400	3,47	3,47	66.762	144,4	14,6	7.780.687	175,6	17,7	4.730.807
14	2018	225.662	225.662	100,0%	225.662	225.662	3,47	3,47	68.035	144,2	14,5	7.918.388	175,4	17,7	4.814.531
15	2019	229.904	229.904	100,0%	229.904	229.904	3,47	3,47	69.302	144,0	14,5	8.055.141	175,1	17,7	4.897.680
16	2020	234.180	234.180	100,0%	234.180	234.180	3,47	3,47	70.581	143,8	14,5	8.192.782	174,8	17,6	4.981.368
17	2021	238.534	238.534	100,0%	238.534	238.534	3,48	3,48	71.884	143,6	14,5	8.332.925	174,6	17,6	5.066.578
18	2022	242.969	242.969	100,0%	242.969	242.969	3,48	3,48	73.213	143,4	14,5	8.475.615	174,3	17,6	5.153.336
19	2023	247.518	247.518	100,0%	247.518	247.518	3,48	3,48	74.567	143,1	14,5	8.620.896	174,1	17,6	5.241.670
20	2024	252.205	252.205	100,0%	252.205	252.205	3,48	3,48	75.948	142,9	14,4	8.768.814	173,8	17,6	5.331.607
21	2025	256.978	256.978	100,0%	256.978	256.978	3,48	3,48	77.356	142,6	14,4	8.919.414	173,5	17,5	5.423.174
22	2026	261.812	261.812	100,0%	261.812	261.812	3,48	3,48	78.791	142,4	14,4	9.072.742	173,2	17,5	5.516.401
23	2027	266.738	266.738	100,0%	266.738	266.738	3,48	3,48	80.253	142,2	14,4	9.228.728	172,9	17,5	5.611.243

Notas:

Año	Consumo Anual				Factores de Diseño		Caudales de Consumo			Pérdidas Producción Distribibución	Caudales de Producción			
	Dotación		Volumen		FMD	FMH	Qmedio	Qmáxdiario	Qmáxhor		Volumen	Qmedio	Qmáxdiario	Qmáxhor
	Población l/hab/día	Clientes m3/cli/mes	Anual m3/año	Sobrecons m3/año			l/s	l/s	l/s	%	m3/año	l/s	l/s	l/s
2010	152,0	15,4	10.800.085	279.819	1,37	1,50	342,5	470,0	705,0	20,8%	13.633.153	432,3	593,3	890,0
2011	156,2	15,7	11.316.815	325.538	1,37	1,50	358,9	492,5	738,8	20,8%	14.285.431	453,0	621,7	932,5
2012	155,1	15,7	11.450.978	329.397	1,37	1,50	363,1	498,3	747,5	20,8%	14.454.787	458,4	629,1	943,6
2013	154,8	15,7	11.643.515	334.935	1,37	1,50	369,2	506,7	760,1	20,8%	14.697.831	466,1	639,6	959,5
2014	154,8	15,7	11.860.330	341.172	1,37	1,50	376,1	516,2	774,2	20,8%	14.971.519	474,7	651,6	977,3
2015	154,8	15,7	12.074.814	347.342	1,37	1,50	382,9	525,5	788,2	20,8%	15.242.267	483,3	663,3	995,0
2016	154,8	15,6	12.296.880	353.730	1,37	1,50	389,9	535,2	802,7	20,8%	15.522.585	492,2	675,5	1.013,3
2017	154,8	15,6	12.511.494	359.903	1,37	1,50	396,7	544,5	816,7	20,8%	15.793.497	500,8	687,3	1.031,0
2018	154,6	15,6	12.732.919	366.273	1,37	1,50	403,8	554,1	831,2	20,8%	16.073.006	509,7	699,5	1.049,2
2019	154,4	15,6	12.952.821	372.599	1,37	1,50	410,7	563,7	845,6	20,8%	16.350.592	518,5	711,6	1.067,4
2020	154,1	15,6	13.174.149	378.965	1,37	1,50	417,7	573,3	860,0	20,8%	16.629.979	527,3	723,7	1.085,6
2021	153,9	15,5	13.399.503	385.448	1,37	1,50	424,9	583,1	874,7	20,8%	16.914.447	536,4	736,1	1.104,2
2022	153,7	15,5	13.628.951	392.048	1,37	1,50	432,2	593,1	889,7	20,8%	17.204.084	545,5	748,7	1.123,1
2023	153,4	15,5	13.862.566	398.768	1,37	1,50	439,6	603,3	904,9	20,8%	17.498.981	554,9	761,6	1.142,3
2024	153,2	15,5	14.100.421	405.610	1,37	1,50	447,1	613,6	920,5	20,8%	17.799.229	564,4	774,6	1.161,9
2025	152,9	15,5	14.342.588	412.576	1,37	1,50	454,8	624,2	936,3	20,8%	18.104.922	574,1	787,9	1.181,9
2026	152,7	15,4	14.589.143	419.669	1,37	1,50	462,6	634,9	952,4	20,8%	18.416.153	584,0	801,5	1.202,2
2027	152,4	15,4	14.839.971	426.884	1,37	1,50	470,6	645,8	968,7	20,8%	18.732.778	594,0	815,2	1.222,9

Notas: 1.- Volumen anual incluye sobreconsumo.

2.3.6.- Proyección de demanda de aguas servidas

Se incluye la información facilitada por la empresa sanitaria Aguas del Valle.

PROYECCIÓN DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS CLIENTES REGULADOS + 52 BIS
LOCALIDAD: Coquimbo

Año	Población Total T.O.		Cobertura	Población Saneada		Clientes Servidos	Volumen Periodo no Punta			Volumen Periodo Punta			Volumen Anual		
							Dotación		Volumen	Dotación		Volumen	Dotación		Volumen
	PnoP	PP	AS	PnoP	PP	AS	Población	Clientes		Población	Clientes		Población	Clientes	Anual
	Hab	Hab	%	Hab	Hab	N°	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/PnoP	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/PP	l/hab/día	m3/cli/mes	m3/año
2010	194.634	194.634	99,2%	192.982	192.982	57.540	135,8	13,8	6.375.423	158,7	16,2	3.726.161	143,4	14,6	10.101.583
2011	198.448	198.448	99,2%	196.828	196.828	59.460	139,0	14,0	6.656.230	164,9	16,6	3.949.616	147,6	14,9	10.605.846
2012	202.259	202.259	99,2%	200.673	200.673	60.250	138,4	14,0	6.756.361	164,5	16,7	4.015.164	147,1	14,9	10.771.525
2013	206.072	206.072	99,2%	204.522	204.522	61.351	138,5	14,0	6.891.593	164,8	16,7	4.101.791	147,3	14,9	10.993.384
2014	209.888	209.888	99,3%	208.377	208.377	62.582	138,9	14,1	7.041.937	165,6	16,8	4.197.681	147,8	15,0	11.239.618
2015	213.710	213.710	99,3%	212.241	212.241	63.805	139,3	14,1	7.191.764	166,3	16,8	4.293.542	148,3	15,0	11.485.307
2016	217.533	217.533	99,3%	216.108	216.108	65.087	139,7	14,1	7.348.731	167,1	16,9	4.393.954	148,9	15,0	11.742.685
2017	221.356	221.356	99,4%	219.977	219.977	66.333	140,2	14,1	7.502.162	167,9	16,9	4.492.541	149,4	15,1	11.994.703
2018	225.618	225.618	99,4%	224.285	224.285	67.620	140,4	14,2	7.660.594	168,4	17,0	4.594.416	149,7	15,1	12.255.010
2019	229.860	229.860	99,4%	228.577	228.577	68.903	140,6	14,2	7.819.041	168,9	17,0	4.696.599	150,0	15,1	12.515.640
2020	234.136	234.136	99,5%	232.905	232.905	70.197	140,8	14,2	7.979.279	169,4	17,1	4.800.156	150,3	15,2	12.779.435
2021	238.490	238.490	99,5%	237.313	237.313	71.517	141,0	14,2	8.142.902	169,9	17,2	4.906.056	150,6	15,2	13.048.959
2022	242.925	242.925	99,5%	241.805	241.805	72.862	141,2	14,3	8.309.982	170,4	17,2	5.014.350	151,0	15,2	13.324.332
2023	247.474	247.474	99,6%	246.413	246.413	74.235	141,4	14,3	8.480.589	170,9	17,3	5.125.091	151,3	15,3	13.605.680
2024	252.161	252.161	99,6%	251.161	251.161	75.634	141,6	14,3	8.654.795	171,4	17,3	5.238.334	151,5	15,3	13.893.129
2025	256.934	256.934	99,6%	255.999	255.999	77.062	141,8	14,3	8.832.675	171,9	17,4	5.354.133	151,8	15,3	14.186.808
2026	261.768	261.768	99,7%	260.901	260.901	78.517	142,0	14,4	9.014.304	172,4	17,4	5.472.546	152,1	15,4	14.486.849
2027	266.694	266.694	99,7%	265.897	265.897	80.000	142,2	14,4	9.199.640	172,9	17,5	5.593.557	152,4	15,4	14.793.197

Notas:

Año	Coeficiente de Recuperación =			0,8	Q	Q	Q	Qmáx	Carga KgDBO5/día			Kg SST/día	Kg lodo/día
	Q Medio l/s	Qmáx Diario l/s	Coeficiente Harmon	Qmáx Horario l/s	infiltración l/s	Aguas Lluvias l/s	Medio Total l/s	Horario Total l/s	Domestico	RILES	Total		
2010	256,3	351,7	1,78	460,3	0,0	0,0	256,3	456,8	7.719	1.894	9.613	6.601	95.327
2011	269,0	369,3	1,78	483,1	0,0	0,0	269,0	478,0	7.873	1.894	9.767	6.724	97.226
2012	273,3	375,0	1,77	489,0	0,0	0,0	273,3	483,8	8.027	1.894	9.921	6.847	99.126
2013	278,9	382,7	1,76	497,4	0,0	0,0	278,9	492,2	8.181	1.894	10.075	6.970	101.027
2014	285,1	391,3	1,76	506,8	0,0	0,0	285,1	501,7	8.335	1.894	10.229	7.093	102.931
2015	291,4	399,9	1,75	516,2	0,0	0,0	291,4	511,0	8.490	1.894	10.383	7.217	104.840
2016	297,9	408,8	1,75	526,1	0,0	0,0	297,9	520,9	8.644	1.894	10.538	7.341	106.750
2017	304,3	417,6	1,74	535,7	0,0	0,0	304,3	530,5	8.799	1.894	10.693	7.464	108.662
2018	310,9	426,7	1,74	545,5	0,0	0,0	310,9	540,2	8.971	1.894	10.865	7.602	110.790
2019	317,5	435,7	1,73	555,3	0,0	0,0	317,5	550,0	9.143	1.894	11.037	7.740	112.910
2020	324,2	444,9	1,73	565,1	0,0	0,0	324,2	559,8	9.316	1.894	11.210	7.878	115.047
2021	331,0	454,3	1,72	575,2	0,0	0,0	331,0	569,8	9.493	1.894	11.386	8.019	117.225
2022	338,0	463,9	1,72	585,4	0,0	0,0	338,0	580,1	9.672	1.894	11.566	8.163	119.444
2023	345,1	473,7	1,71	595,8	0,0	0,0	345,1	590,5	9.857	1.894	11.750	8.310	121.720
2024	352,4	483,7	1,71	606,4	0,0	0,0	352,4	601,0	10.046	1.894	11.940	8.462	124.066
2025	359,9	493,9	1,70	617,2	0,0	0,0	359,9	611,8	10.240	1.894	12.134	8.617	126.455
2026	367,5	504,4	1,69	628,2	0,0	0,0	367,5	622,8	10.436	1.894	12.330	8.774	128.877
2027	375,3	515,0	1,69	639,4	0,0	0,0	375,3	634,0	10.636	1.894	12.530	8.934	131.345

Notas: 1.- Volumen anual incluye sobreconsumo.
2.- Caudales medio y máximo horario corresponden al medio anual.

2.4.- PLANTAS DESALADORAS EXISTENTES EN CHILE

En base al documento *01PR14-1009-Desalacion Chile_rv00* sobre la situación actual de la desalación en Chile, se puede extraer información de utilidad para el dimensionado de la captación de agua de mar y del emisario de salmuera.

PROYECTO	Longitud de captación	Profundidad toma de captación	Longitud emisario	Profundidad descarga
La Chimba	350m	--	200m	--
Antofagasta Sector Sur	830m	20m	266m	--
Minería Escondida	580m	26m	400m	20m
Minera Candelaria	230m	20m	250m	20m
Mantoverde	330m	20m	600m	--
CAP – Punta Totoralillo	270m	25m	180m	20m
Radomiro Tomic	740m	28m	480m	20m

La captación de estas plantas desaladoras es mediante torre de captación y un inmisario en material HDPE que une la planta desaladora con la torre de captación.

Del cuadro resumen se puede extraer las siguientes **CONCLUSIONES**:

CAPTACIÓN

- La *tecnología* usada para la captación es captación abierta con torre de captación.
- La *profundidad* de la toma de captación varía entre 20m y 30m.
- La *longitud* necesaria de la tubería de captación para alcanzar dicha profundidad varía entre 250m y 850m.

VERTIDO

- La *tecnología* usada para el emisario de salmuera es emisario con difusores.
- La *profundidad* para la descarga de salmuera es de 20m aproximadamente.
- La *longitud* del emisario para alcanzar esta profundidad varía entre 180m y 600m.

Para la planta desaladora de La Serena – Coquimbo será necesario estudiar las características propias del medio marino que permitan definir la profundidad mínima necesaria para la captación del agua de mar y la profundidad mínima necesaria para la descarga de la salmuera.

Desde un punto de vista técnico no hay que descartar la **captación de agua de mar mediante pozos costeros** con la posibilidad de proporcionar agua ya filtrada de buena calidad permitiendo reducir y simplificar la fase de pretratamiento de la planta desaladora, influyendo de forma positiva en los costes de operación y mantenimiento.

3. CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR

La captación de agua de mar tiene por objeto proporcionar a la entrada de la planta desaladora agua de buena calidad, con el menor contenido posible en materia en suspensión, sustancias orgánicas, metales pesados y elementos poco solubles que puedan condicionar, en el tiempo, el correcto funcionamiento de la planta.

La instalación se compone de un ducto de inmisario de agua de mar y de torre de captación o filtros pasivos.

3.1.- LOCALIZACIÓN

Zona de influencia.- Área de Captación Planta Desaladora LA SERENA.

Zona de influencia.- Área de Captación Planta Desaladora COQUIMBO.

3.2.- TUBERÍA DE CAPTACIÓN

Como diseño previo se propone una tubería de captación con un único colector cuyo dimensionamiento dependerá de la opción elegida:

- **UNA ÚNICA** planta desaladora de 1000 l/s de producción.
- **DOS** plantas desaladoras de 500 l/s de producción, aprovechando los emplazamientos de las actuales Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

Para el cálculo de la sección de la tubería fabricada en **polietileno de alta densidad (PEHD)** se toman en consideración los siguientes criterios:

CAUDAL Producción (L/s)	CAUDAL Captación (L/s)
500	1200
1000	2400

OPCIÓN	Diámetro Tubería (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdidas de carga (m.c.a.)			
			Longitud Tubería de Captación (m)			
			300	500	700	900
UNA **Planta Desaladora 1 x 1000 l/s**	1400	2,02	1,17	1,59	2,00	2,43
	1600	1,55	0,48	0,69	0,91	1,12
	1800	1,22	0,23	0,35	0,47	0,59
	2000	**0,99**	0,13	0,19	0,26	0,33
DOS **Plantas Desaladoras 2 x 500 l/s**	1000	1,98	1,65	2,26	2,86	3,46
	1200	1,38	0,50	0,74	0,98	1,22
	1400	**1,01**	0,20	0,31	0,42	0,53
	1600	0,77	0,10	0,15	0,21	0,26

Estudio preliminar de pérdidas de carga para distintos diámetros y longitudes de captación.

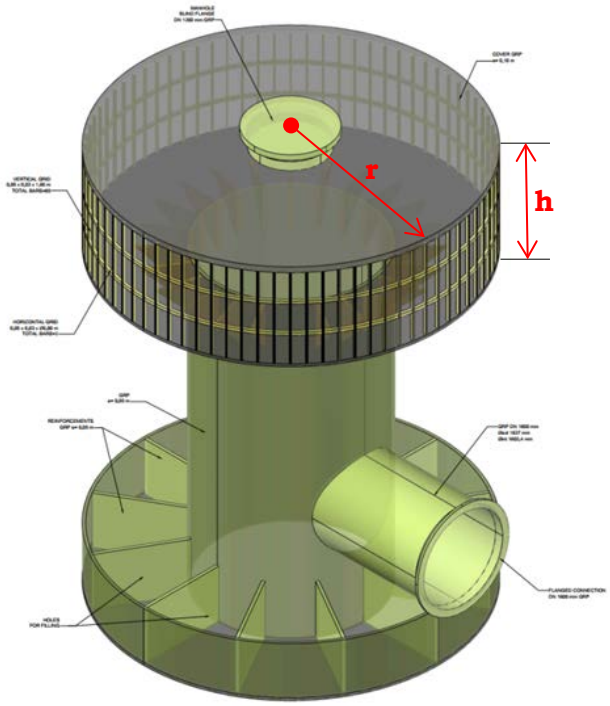
3.3.- TORRE DE CAPTACIÓN

Es el primer elemento de una captación con toma abierta. Minimiza la entrada de medusas, peces o sólidos grandes en la tubería de captación. La entrada de agua a la torre de captación se diseña con velocidades muy bajas para evitar el arrastre de sólidos en suspensión.

Las tomas de succión trabajan a una velocidad de aspiración lenta de 0,15 m/s, de modo que los efectos de arrastre y el impacto sobre los organismos marinos se puedan reducir al máximo.

Se requiere que la captación desarrolle una velocidad de entrada de flujo similar a la de las corrientes marinas. Para una planta desaladora con una capacidad de producción de 500 l/s, el máximo caudal de agua a extraer se fija en 1.200 L/s teniendo en cuenta una conversión del 45% y las pérdidas en las diferentes fases del proceso y una velocidad de entrada del agua a la campana igual o inferior a los 0,1 m/s.

Para ello se dimensionará la superficie cilíndrica correspondiente a la entrada de agua en la torre de captación considerando las dos variables que la definen, radio y altura.



Torre de captación – Diseño 3D.

$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times (2\pi r \times h)$$

$$\frac{Q}{2\pi \times V} = r \times h$$

CAUDAL	RADIO	ALTURA	VELOCIDAD
Q (l/s)	**r (m)**	**h (m)**	**V (m/s)**
	2,0	1,0	0,095
1200	1,5	1,3	0,098
	1,3	1,5	0,098

Para reducir la entrada de medusas que puedan bloquear la entrada de agua, se instalan sistemas de inyección de aire a presión, que forman una pantalla de burbujas a la entrada de la torre de captación.

La profundidad de instalación de la torre debe asegurar una captación de agua de mar con características físico-químicas estables, y a la vez evitar el arrastre de sólidos y arena del fondo marino junto con el agua de mar.

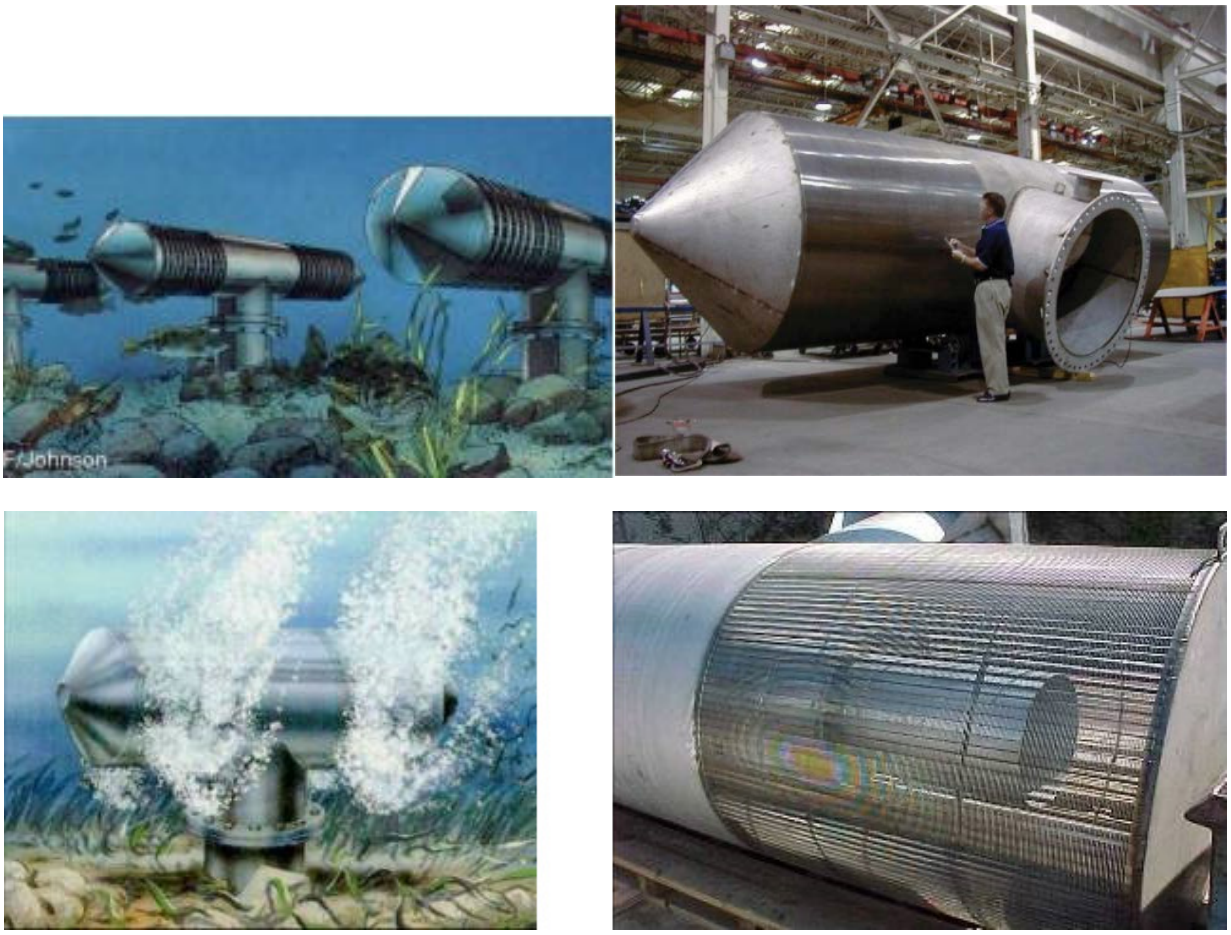
3.4.- FILTROS PASIVOS

Desde un punto de vista técnico es otra solución viable, que deberá ser evaluada durante las fases de ingeniería básica, licitación y construcción.

Los filtros pasivos son instalados en la aspiración de la tubería de captación, son una alternativa a la torre de captación cuando la longitud del inmisario es pequeña y las pérdidas de carga son admisibles.

Su principal ventaja es evitar la instalación de los tamices y rejas de desbaste, e incluso la construcción de la cántara de captación.

La profundidad de instalación de los filtros pasivos debe asegurar una captación de agua de mar con características físico-químicas estables, independientes de mareas, cambios de estación, temperatura, etc.



Filtro pasivo para captación.

4. EMISARIO DE SALMUERA

La producción de agua desalada corresponde aproximadamente al 45% del agua de mar captada. Por lo tanto el 55% de agua de mar restante corresponde al agua con algo menos del doble de concentración de sales de las que tenía inicialmente el agua de mar, ésta última es conocida como salmuera y es devuelta al mar.

La salmuera sufre un proceso de dilución al contacto con el medio marino. Es así como en las cercanías de la descarga, la concentración de sales del agua de mar aumenta y según nos alejamos del punto de descarga, la concentración se va igualando a la del agua de mar.

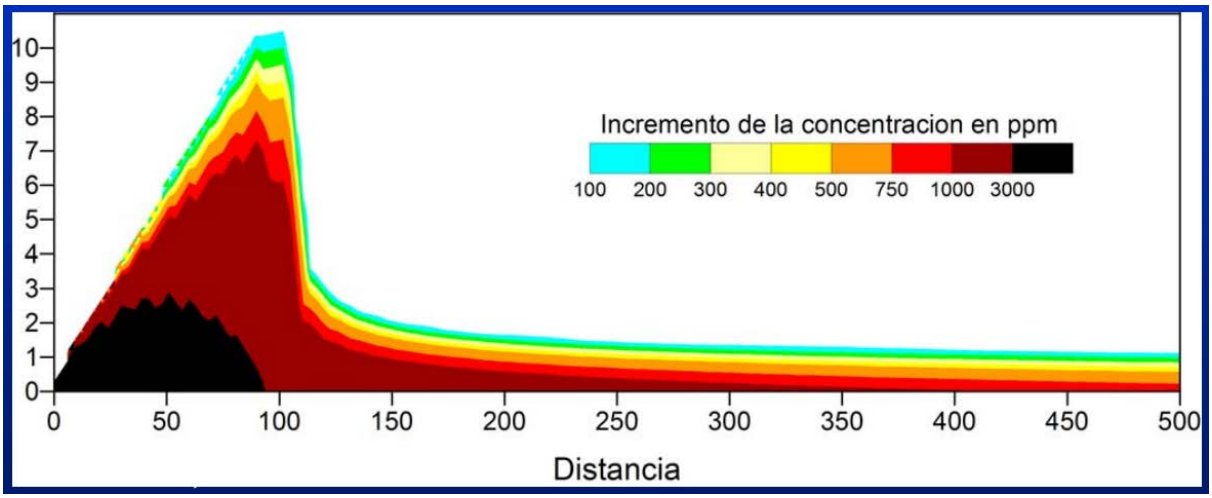
La zona de dilución dependerá de las condiciones ambientales del sector donde se produzca la descarga, de las características del medio marino, de las características de la salmuera y del diseño de la descarga.

La hidrodinámica de un efluente que descarga en continuo en un cuerpo de agua receptor, es un proceso en el que es posible distinguir dos regiones: la región del campo cercano y la región del campo lejano.

- En la región del **campo cercano**, las condiciones de descarga determinan la trayectoria del efluente y la relación de mezcla. Está gobernado por la diferencia de densidades y la difusión.
- En la región de **campo lejano**, distante del punto de descarga, son las condiciones ambientales del medio marino las que determinan la evolución del efluente y la relación de mezcla, tales como, las corrientes marinas, temperaturas,…

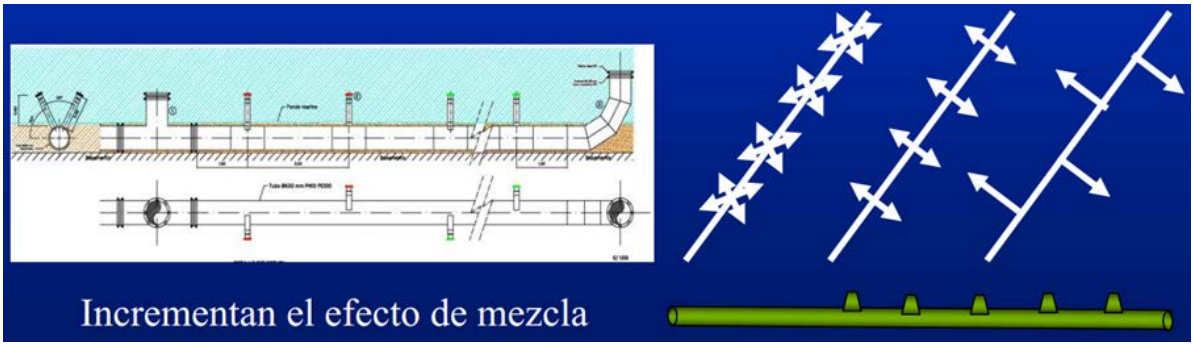
Dado que la salinidad de la salmuera es mayor que la del agua de mar receptora, su densidad es también mayor por lo que presenta una flotabilidad negativa. Así, cuando la salmuera se descarga en el medio marino receptor con una velocidad determinada, la trayectoria, en un principio, sigue la dirección de esta velocidad, para después descender debido a la flotabilidad negativa.

Para predecir la dilución de la pluma de salmuera en el agua de mar se utilizan software de cálculo como CORMIX.

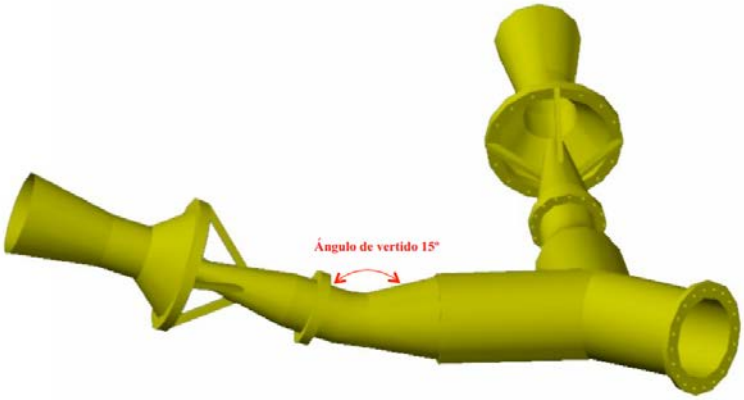


El estudio de la descarga de salmuera se divide en las siguientes etapas:

1. Trabajos marinos para establecer las características de la zona de estudio: batimetría, corrientes marinas, características del agua de mar,…
2. Análisis de las características ambientales y del medio marino más desfavorables en la zona de descarga de salmuera y su zona de influencia.
3. Estudio de la normativa nacional e internacional para establecer el límite de incremento de salinidad del agua de mar.
4. Describir la operación de la planta desaladora y determinar las condiciones de vertido de salmuera más desfavorables.
5. Modelar los diferentes escenarios de dispersión de la pluma de la salmuera, en función de las condiciones de operación de la planta desaladora. Existen programas específicos de simulación de descargas de salmuera que modelan la pluma de salmuera teniendo en cuenta distintos factores:
    a. Variando las condiciones ambientales
    b. Utilizando distintas **configuraciones de difusores** (número, distancia entre ellos, ángulo de inclinación, velocidad de descarga,…).



c. Utilización del **sistema difusor venturi**. Consiste en una medida de mejora de los procesos de dilución y dispersión del vertido de salmuera.



6. Evaluar los resultados de la modelación de los diferentes escenarios, el área de incremento de salinidad y la influencia con el medio marino (identificar especies protegidas, límites de tolerancia a la salinidad de estas especies,…).

4.1.- TUBERÍA DE VERTIDO

Al igual que en la tubería de captación para el diseño de la tubería de vertido se mantiene el mismo razonamiento en función de:

- **UNA ÚNICA** planta desaladora de 1000 l/s de producción.
- **DOS** plantas desaladoras de 500 l/s de producción, aprovechando los emplazamientos de las actuales Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

Como ya se ha indicado en numerosas ocasiones, parece lógico aprovechar los emisarios existentes de los Tratamientos Primarios de La Serena y Coquimbo, una vez desarrollados los tratamientos de reutilización y quedando libres las actuales conducciones de vertido.

En el hipotético caso de un diseño nuevo, para el cálculo de la sección de la tubería fabricada en **polietileno de alta densidad (PEHD)** se toman en consideración los siguientes criterios:

CAUDAL Producción (L/s)	CAUDAL Vertido (L/s)
500	**700**
1000	1400

OPCIÓN	Diámetro Tubería (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdidas de carga (m.c.a.)			
			Longitud Tubería de Vertido (m)			
			500	1000	1500	2000
DOS **Plantas Desaladoras 2 x 500 l/s**	800	1,79	2,32	3,96	5,61	7,25
	900	**1,42**	1,14	2,04	2,95	3,85
	1000	1,15	0,62	1,15	1,69	2,22
	1200	0,80	0,23	0,44	0,66	0,87

Estudio preliminar de pérdidas de carga para distintos diámetros y longitudes de vertido.

4.1.1.- Emisario Submarino existente.- LA SERENA

El sistema de Tratamiento Preliminar y disposición de las aguas servidas de ciudad de La Serena, está conformado por los siguientes procesos unitarios:

4.1.1.1.- Componentes de la Planta de Tratamiento Preliminar (PTP)

- Rejas gruesas automáticas, de paso 2,5 cm (2 unidades en paralelo).
- Desarenadores (2 unidades en paralelo).
- Clasificador de arenas.
- Dispositivo separador y triturador de flotantes (2 unidades en paralelo).
- Rejas finas automáticas de paso 6 mm (2 unidades en paralelo) y compactador de sólidos retenidos.
- Medidor de caudal ultrasónico (medición instantánea y totalizador).
- Generador Eléctrico de emergencia, destinado a alimentar la planta en caso de corte de energía.
- Tratamiento de olores: filtros de olores de carbón activado (2 unidades), cada uno de ellos destinados a purificar áreas encapsuladas donde se emplazan rejas gruesas-desarenadores y rejas finas.

4.1.1.2.- Características principales del Emisario Submarino

- Longitud Emisario: 1.710 m.
- Material : Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- **Diámetro: 900 mm**
- Profundidad de la descarga: 19 m aproximadamente.
- Zona Protección Litoral (ZPL): 676 m.
- **Difusores**:
  - Longitud Difusores: 2 ramales de 40 m c/u.
  - Material: Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
  - Diámetro: 630 mm
  - Número de Toberas (portas): 19 por ramal de difusor
  - Diámetro Toberas: 11,0 cm (interior)

4.1.2.- Emisario Submarino existente.- COQUIMBO

4.1.2.1.- Descripción Planta de Tratamiento Preliminar (PTP)

A la llegada al recinto de la Planta se ubica una reja gruesa del tipo manual (paso 5 cm.), para dar paso posteriormente al Tratamiento Físico propiamente tal, cuenta con seis módulos compactos de tratamiento físico, marca Huber, modelo Rotamat Ro.5, tamaño BG9, los que en conjunto entregan una capacidad de tratamiento de 1.250 lts/seg. (Incluye sobrecarga). El funcionamiento de esta planta es automático. Una vez que las aguas servidas pasan por los módulos y en ellos son retirados los sólidos sedimentables y arenas > a 0.2 mm., en un 90%, además de grasas y aceites, las aguas son conducidas mediante el denominado emisario terrestre hasta una cámara de carga ubicada en el borde costero desde donde nace el emisario submarino, el cual conduce las aguas hasta una profundidad de 90 metros (apróx.) y a una distancia del borde costero de 880 metros.

Esta planta incluye además un medidor de caudal ultrasónico, Generador Eléctrico de emergencia destinado a alimentar toda la planta en caso de corte de energía y un filtro de carbón activado para el tratamiento de olores destinado a purificar el área encapsulada donde se emplazan los módulos Huber.

4.1.2.2.- Características principales del Emisario Submarino

- Longitud Emisario: 880 m.
- Material : Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- **Diámetro: 900 mm**
- Profundidad de la descarga: 87 m aproximadamente.
- Zona Protección Litoral (ZPL): 100 m.
- **Difusores:**
  - Una rama, colineal al Emisario.
  - Número de Toberas (portas): 4
  - Diámetro Toberas: 30,0 cm (interior)

4.2.- CARACTERIZACIÓN DEL VERTIDO DE SALMUERA

A continuación se muestra un ejemplo de los parámetros analíticos del vertido de salmuera, a partir de un análisis tipo de agua mar.

3. WATER ANALYSIS as mg/l ion	Orig feed	Treated feed	Conc. Brine	Exp. Permeate
Calcium	524,00	524,00	951,59	1,39
Magnesium	1590,00	1590,00	2887,45	4,22
Sodium	12345,00	12345,00	22342,78	125,49
Potassium	489,00	489,00	883,40	6,95
Strontium	6,14	6,14	11,15	0,02
Chloride	22463,00	22463,00	40673,17	206,12
Sulfate	3253,00	3253,00	5906,73	9,55
Bicarbonate	234,00	233,70	419,58	2,51
Carbonate	0,96	0,97	3,59	0,00
Silica	7,20	7,20	13,03	0,07
Boron *	5,22	5,22	8,19	1,59
Free CO2	9,58	9,79	10,55	9,78
Total as ion	40917,52	40917,37	74102,14	357,89
Total as meq/l	706,58	706,58	1279,73	6,05
EC uS/cm	53209,35	53209,26	90076,30	698,92
CO2 EC uS/cm	3,48	3,52	3,65	3,52
pH Value	7,50	7,50	7,60	5,60

5. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

5.1.- DECRETO 40/2012

Los artículos que determinan la procedencia de ingreso de proyectos al SEIA, corresponden al artículo 10 de la Ley 19.300, y el artículo 3 del D.S. N° 40/2012, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA).

En conformidad con la Ley 19.300, modificada por la Ley º 20.417, las causales que podrían configurar el ingreso de una planta desaladora al SEIA están asociadas a sus instalaciones, esto es:

- la construcción de un emisario submarino para la descarga de agua salobre (DS 40/12, artículo 3, literal O6);
- la implementación de un sistema de tratamiento y/o disposición de residuos industriales líquidos (RILes) producidos en la desalación (DS 40/12, artículo 3, literal O7);
- la conexión a un sistema de agua potable, literal O7;
- si el Proyecto no se emplaza en áreas bajo protección oficial, no le es aplicable el literal p.

En fases posteriores será necesario estudiar los antecedentes que fundamentan si el proyecto de la planta desaladora de La Serena y Coquimbo puede requerir presentar un Estudio de Impacto Ambiental. Para ello se debe analizar lo establecido en los artículos 5 al 11 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto ambiental D.S. Nº 40/2012.

Además, se deben analizar los permisos ambientales sectoriales (en adelante PAS) que apliquen al proyecto de la desaladora, principalmente los artículos:

- Nº 73. Descarga de salmuera en aguas sometidas a jurisdicción nacional.
- Nº 90. Construcción de obras para el tratamiento a los residuos industriales producidos por el proceso de desalación.
- Nº 93. Construcción de sitios de acopio para residuos peligrosos y no peligrosos.
- Nº 94. Las obras del proyecto requieren calificación de establecimiento industrial.

5.2.- NORMA DS 90/01 – DESCARGA AL MEDIO MARINO

Norma DS 90/01 "N*orma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales".*

Fuente emisora: es el establecimiento que descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga contaminante media diaria o de valor característico superior en uno o más de los parámetros indicados, en la siguiente tabla:

Establecimiento emisor

Contaminante	Valor Característico	Carga contaminante media diaria (equiv. 100 Hab/día) *
pH **	6 – 8	---
Temperatura **	20 º C	---
Sólidos Suspendidos Totales	220 mg/L	3520 g/d
Sólidos Sedimentables **	6 ml/L 1h	---
Aceites y Grasas	60 mg/L	960 g/d
Hidrocarburos fijos	10 mg/L	160 g/d
Hidrocarburos totales	11 mg/L	176 g/d
Hidrocarburos volátiles	1 mg/l	16 g/d
DBO_5	250 mg O_2/L	4000 g/d
Aluminio	1 mg/L	16 g/d
Arsénico	0,05 mg/L	0,8 g/d
Boro	0,75 mg/L	12,8 g/d
Cadmio	0,01 mg/L	0,16 g/d
Cianuro	0,20 mg/L	3,2 g/d
Cloruros	400 mg/L	6400 g/d
Cobre	1 mg/L	16 g/d
Cromo Total	0,1 mg/L	1,6 g/d
Cromo Hexavalente	0,05 mg/L	0,8 g/d
Estaño	0,5 mg/L	8 g/d
Fluoruro	1,5 mg/L	24 g/d
Fósforo Total	10 mg/L	160 g/d
Hierro	1,0 mg/L	16 g/d
Manganeso	0,3 mg/L	4,8 g/d
Mercurio	0,001 mg/L	0,02 g/d
Molibdeno	0,07 mg/L	1,12 g/d
Níquel	0,1 mg/L	1,6 g/d
Nitrógeno total kjeldahl	50 mg/L	800 g/d
Nitrito más Nitrato (lagos)	15 mg/L	240 g/d
Pentaclorofenol	0,009 mg/L	0,144 g/d
Plomo	0,2 mg/L	3,2 g/d
Selenio	0,01 mg/L	0,16 g/d
Sulfato	300 mg/L	4800 g/d
Sulfuro	3 mg/L	48 g/d
Tetracloroeteno	0,04 mg/L	0,64 g/d
Tolueno	0,7 mg/L	11,2 g/d
Triclorometano	0,2 mg/L	3,2 g/d
Xileno	0,5 mg/L	8 g/d
Zinc	1 mg/L	16 g/d
Indice de Fenol	0,05 mg/L	0,8 g/d
Poder espumógeno **	5 mm	5 mm
SAAM	10 mg/L	160 g/d
Coliformes Fecales o termotolerantes	10^7 NMP/100 ml	$1,6x10^{12}$ coli/d

Valores máximos para considerar una fuente como emisora.

Tasa de dilución del efluente vertido (d): es la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades.

La Tasa de Dilución será, entonces, la siguiente:

$$d = \frac{\text{Caudal Disponible del Cuerpo Receptor *}}{\text{Caudal Medio Mensual del Efluente vertido **}}$$

* = El caudal disponible del cuerpo receptor es la cantidad de agua disponible expresada en volumen por unidad de tiempo para determinar la capacidad de dilución en un cuerpo receptor. Para estos efectos, el caudal disponible del cuerpo receptor será determinado por la Dirección General de Aguas.

** = El caudal medio mensual del efluente es la suma de los volúmenes de residuos líquidos, descargados diariamente durante el mes, dividido por el número de días del mes en que hubo descargas.

Zona de protección litoral: Es un ámbito territorial de aplicación de la presente norma que corresponde a la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a ésta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua, fijada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante en conformidad a la siguiente formula:

$$A = [\{ 1{,}28 \times Hb \} / m] \times 1{,}6$$

En que,

Hb = altura media de la rompiente (mts.).

m = pendiente del fondo.

A = ancho zona de protección de litoral (mts.).

Para el cálculo de Hb se deberá utilizar el método HindCasting u otro equivalente autorizado por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.

5.3.- PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

Las fuentes emisoras deben cumplir con los límites máximos permitidos en esta norma respecto de todos los contaminantes normados.

Los contaminantes que deben ser considerados en el monitoreo serán los que se señalen en cada caso por la autoridad competente, atendido a la actividad que desarrolle la fuente emisora, los antecedentes disponibles y las condiciones de la descarga.

Los procedimientos para el monitoreo de residuos líquidos están contenidos en:

- Norma Chilena Oficial NCh 411/2 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
- NCh 411/3 Of 96, Calidad del agua - Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
- NCh 411/10 Of 97, Calidad del agua - Muestreo - Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales.

El monitoreo se debe efectuar en cada una de las descargas de la fuente emisora. El lugar de toma de muestra debe considerar una cámara o dispositivo, de fácil acceso, especialmente habilitada para tal efecto, que no sea afectada por el cuerpo receptor.

5.3.1.- Frecuencia de monitoreo

El número de días en que la fuente emisora realice los monitoreos debe ser representativo de las condiciones de descarga, en términos tales que corresponda a aquellos en que, de acuerdo a la planificación de la fuente emisora, se viertan los residuos líquidos generados en máxima producción o en máximo caudal de descarga.

El número mínimo de días del muestreo en el año calendario, se determinará, conforme se indica a continuación:

Volumen de descarga $m^3 \times 10^3$/año	Número mínimo de días de monitoreo anual, N
< 5.000	12
5.000 a 20.000	24
> 20.000	**48**

Según el dimensionamiento preliminar de la instalación de la planta desaladora, el caudal de salmuera se estima en 39.000 x 10^3 m^3/año, por lo que el número mínimo de días de monitoreo anual será de 48 días.

El número mínimo de días de toma de muestras anual debe distribuirse mensualmente, determinándose el número de días de toma de muestra por mes en forma proporcional a la distribución del volumen de descarga de residuos líquidos en el año.

Para aquellas fuentes emisoras que neutralizan sus residuos líquidos, se requerirá medición continua con pHmetro y registrador. Este el caso de los efluentes de las limpiezas químicas y de los drenajes de los cubetos de seguridad de almacenamiento de químicos.

6. PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES

A continuación, se presenta el listado de los permisos ambientales sectoriales que se consideran aplicables al Proyecto, necesarios para su ejecución, de acuerdo a lo indicado en el artículo 12 letra d) del Decreto Supremo Nº 30/1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el artículo 2 del DS 95/2001, del mismo Ministerio citado.

6.1.- ARTÍCULO 73 (PAS 73)

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 (Artículo 73 D.S. Nº 95/2001 MINSEGPRES).

Aplicabilidad al Proyecto de Planta Desaladora

- ✓ Descarga de rechazo (salmuera), proveniente del proceso de desalación.
- ✓ Se contempla emisario para rechazo al mar. Existe la posibilidad de reutilizar los emisarios existentes de las Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

El Proyecto considera en su fase de operación, la disposición al mar de agua salada de descarga con un caudal máximo aproximado de 700 L/s proveniente de la Planta Desalinizadora, por medio de un emisario submarino existente. En consecuencia, a continuación se señalan los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar cumplimiento.

a) La ubicación del lugar donde serán evacuados los efluentes.

El agua salada de descarga será dispuesta al mar a través del emisario submarino, fuera de la Zona de Protección Litoral.

Para determinar las coordenadas aproximadas del punto extremo del sistema difusor y definir la distancia desde la línea de costa y la profundidad, será necesario disponer de la información procedente de los estudios marinos (condiciones de batimetría, mareas, vientos, corrientes, oleaje, columna de agua,…).

b) El tipo del caudal, caracterización y tratamiento del efluente que se evacuará.

Se estima que por medio del emisario submarino, se dispondrán en el mar aproximadamente 700 L/s de agua salada de descarga, como caudal máximo (teniendo en cuenta el caudal de producción total de 500 L/s). Esta agua, corresponderá a una mezcla de aguas proveniente de distintos procesos de la Planta Desalinizadora.

Será necesario caracterizar el vertido para confirmar que el agua salada de descarga cumple la Tabla Nº 5 del D.S. 90/01, la cual establece la calidad de los efluentes descargados al medio marino fuera de la ZPL.

Para realizar dicha caracterización es conveniente trabajar con información existente cercana y con los análisis de agua de mar que se hayan podido obtener durante la realización de los estudios marinos. **De esta forma se podrá realizar un dimensionamiento previo de la instalación determinando los caudales de los diferentes procesos y generar diseños de membranas provisionales para la determinación de los parámetros del vertido**.

Tabla Nº 5 del DS 90/01 Límites Máximos de Concentración Para Descarga de Residuos Líquidos Fuera de la ZPL

Parámetro	Unidad	DS 90/01
Aceites y grasas	ppm	350
Aluminio	ppm	10
Arsénico	ppm	0,5
Cadmio	ppm	0,5
Cianuro	ppm	1
Cobre	ppm	3
Cromo hexavalente	ppm	0,5
Cromo total	ppm	10
Estaño	ppm	1
Fluoruro	ppm	6
Hidrocarburos totales	ppm	20
Hidrocarburos volátiles	ppm	2
Índice de fenol	ppm	1
Manganeso	ppm	4
Mercurio	ppm	0,02
Molibdeno	ppm	0,5
Níquel	ppm	4
pH	-	5,5 - 9,0
Plomo	ppm	1
SAAM	ppm	15
Selenio	ppm	0,03
Sólidos sedimentables	mL / L x h	50
Sólidos suspendidos totales	ppm	700
Sulfuro	ppm	5
Zinc	ppm	5

Fuente: D.S 90/2001 del MINSEGPRES. Norma emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

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.

A. Características y composición de los desechos

1. Tipo y dimensiones de la fuente de desechos.

Una planta desaladora con una capacidad de producción de 500 L/s de agua desalada, generará un caudal máximo de aproximadamente 700 L/s de agua salada de descarga, la que será dispuesta al mar a través de un emisario submarino conforme a las características siguientes:

Características emisario submarino LA SERENA

- Longitud Emisario: 1.710 m.
- Material : Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- Diámetro: 900 mm
- Profundidad de la descarga: 19 m aproximadamente.
- Zona Protección Litoral (ZPL): 676 m.
- **Difusores**:
  - Longitud Difusores: 2 ramales de 40 m c/u.
  - Material: Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
  - Diámetro: 630 mm
  - Número de Toberas (portas): 19 por ramal de difusor
  - Diámetro Toberas: 11,0 cm (interior)

Características emisario submarino COQUIMBO

- Longitud Emisario: 880 m.
- Material : Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- Diámetro: 900 mm
- Profundidad de la descarga: 87 m aproximadamente.
- Zona Protección Litoral (ZPL): 100 m.
- **Difusores:**
  - Una rama, colineal al Emisario.
  - Número de Toberas (portas): 4
  - Diámetro Toberas: 30,0 cm (interior)

2. Tipo de desechos (origen y composición media).

El agua salada de descarga procedente de la etapa de ósmosis inversa es mezclada con otros efluentes de las etapas del pretratamiento, para finalmente ser descargada por gravedad al mar (fuera de la Zona de Protección Litoral) a través de una tubería o emisario instalada en el fondo marino, que además se encontrará equipada con difusores para lograr una mejor dispersión.

El agua salada de descarga cumple el D.S. 90/01 Tabla Nº 5, la cual establece la calidad de los efluentes descargados a un medio marino fuera de la ZPL.

3. Forma de los desechos (sólidos, líquidos, suspensiones más o menos densas).

El agua salada de descarga corresponde a un efluente líquido y básicamente se trata de agua de mar concentrada en sales.

4. Cantidad total.

Se descargarán aproximadamente 700 L/s de agua salada de descarga para la producción total de 500 L/s de agua desalinizada.

5. Modalidad de la descarga (continua, intermitente, variable según la estación).

El flujo de agua salada de descarga será continuo para condiciones normales de operación.

6. Concentración de los principales componentes, de las sustancias enumeradas en el Anexo I, de las sustancias enumeradas en el Anexo II y de otras sustancias, según el caso.

Se estima que el efluente de la Planta Desalinizadora tendrá similares características físico-químicas a la descarga de otras plantas desalinizadoras del mismo tipo. Si bien, dicho efluente contiene algunas sustancias enumeradas en los Anexos I y II del D.S 295/83 como cadmio, arsénico, cobre, plomo, entre otros, éstos se encuentran en concentraciones trazas y por debajo de los límites máximos establecidos en el D.S 90/2001 del MINSEGPRES.

A modo de referencia, en la siguiente tabla se presenta la caracterización tipo del agua de mar **donde se ubicará la captación del agua de mar**:

Parámetros de Calidad de Agua de Mar en punto de Captación

Parámetros	Unidad	Estrato de 20 m de profundidad		Estrato de 30 m de profundidad	
		Réplicas			
		R1	R2	R1	R2
Turbiedad	UNT	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
COT (Carbono Orgánico Total)	mg/L	8,6	6,7	8,7	11
SST	mg/L	2,4	2,5	1,2	0,9
SDT	mg/L	39.434	39.716	39.680	40.310
Ssed	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
% Ensuciamiento y SDI		1,3	2,6	2,2	2,4
DQO	mg/L	5	5	6	7
DBO5	mg/L	<2	<2	<2	<2
Aceites y Grasas	mg/L	12	6	8	2
Hidrocarburos fijos	mg/L	<5	<5	<5	<5
Hidrocarburos totales	mg/L	<5	<5	<5	<5
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos totales	ug/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Coliformes totales	mg/L	<2	<2	2	<2

Parámetros	Unidad	Estrato de 20 m de profundidad		Estrato de 30 m de profundidad	
		Réplicas			
		R1	R2	R1	R2
Coliformes fecales	mg/L	<2	<2	<2	<2
Detergentes (SAAM)	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fenol	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
pH		8,0	8,0	8,0	8,0
Alcalinidad	mg$CaCO_3$/L	241	230	244	236
HCO3 -1	mg/L	147	140	148	144
CO3 -2	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
CO2	mg/L	2,4	2,3	2,5	2,4
Na	mg/L	11.171,8	10.887,7	10.956,8	10.886,6
Mg	mg/L	1.249,9	1.207,4	1.220,4	1.213,5
Ca	mg/L	430,5	415,1	473,2	424,5
K	mg/L	480,2	483,9	498,8	474,7
Sr	mg/L	10,07	11,65	11,83	12,04
Ba	µg/L	20,51	23,67	20,48	20,24
V	µg/L	0,748	0,619	0,624	0,615
Cr (III)	µg/L	1,02	1,02	1,26	1,06
Cr (IV)	µg/L	0,342	0,351	0,338	0,372
Cr total	µg/L	1,36	1,37	1,6	1,43
Mo	µg/L	11,14	10,48	10,96	10,75
Mn	µg/L	108,9	116,5	135	137,4
Fe	µg/L	10,21	10,94	10,45	10,19
Ni	µg/L	1,98	1,92	1,66	1,55
Cu	µg/L	2,7	2,67	2,61	2,6
Cd	µg/L	0,047	0,044	0,033	0,031
Pb	µg/L	0,051	0,051	0,046	0,046
B	mg/L	4,95	5,21	5,66	4,92
Al	µg/L	122,6	123,3	132,3	127,7
Si - SiO_2 total	mg/L	1,25	1,34	1,31	1,15
As	µg/L	2,7	2,64	2,78	2,72
Se	µg/L	0,035	0,045	0,035	0,044
Hg	µg/L	0,046	0,049	0,042	0,046
Cl-	mg/L	19.727	19.634	19.728	19.541
F-	mg/L	1,3	1,3	1,3	1,3
SO4 -2	mg/L	2.765	2.770	2.783	2.761
CN	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
P total	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
N total	mg/L	0,5	0,6	0,3	0,3
Nitratos	mg/L	0,56	0,58	0,63	0,59
Nitritos	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
Amonio	mg/L	0,04	0,06	0,03	<0.01
Fosfatos	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Zinc	µg/L	2,27	2,06	2,41	2,42
MgO	mg/L	2.072,8	2.002,4	2.023,9	2.012,4
Bismuto	µg/L	27,85	27,09	26,21	25,26
Sulfuro	mg/L	0,4	0,7	0,6	0,3
Cobalto	µg/L	0,49	0,384	0,551	0,436

Parámetros	Unidad	Estrato de 20 m de profundidad		Estrato de 30 m de profundidad	
		Réplicas			
		R1	R2	R1	R2
Ni+Co	µg/L	2,47	2,3	2,21	1,98
$Al2O_3$	µg/L	240,4	241,7	259,4	250,4
$Al2O_3$+MgO	µg/L	2.073	2.002,6	2.024,1	2.012,7
Plata	µg/L	0,651	0,693	0,653	0,57
Oro	µg/L	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Antimonio	µg/L	0,408	0,424	0,416	0,326
Estaño	µg/L	1,49	1,4	1,34	1,36

Fuente: Análisis de Calidad de agua de mar CCMC, Mayo 2010.

7. Propiedades físicas, químicas y bioquímicas de los desechos.

El efluente que se descargará al medio marino corresponde a agua de mar concentrada en sales, no reactiva, a similar temperatura y exenta de agentes biológicos ajenos al medio en que se descarga.

B. Características de los componentes de los desechos con respecto a su nocividad

1. Persistencia (física, química y biológica) en el medio marino.

El agua salada de descarga no contiene elementos o agentes físicos, químicos y biológicos que puedan permanecer en el tiempo en el medio marino, dado que consiste en un efluente líquido que básicamente es agua de mar concentrada en sales. Una vez finalizados los trabajos marinos, con la modelación de la pluma de salmuera se podrá comprobar que la sal del efluente en condiciones normales se mezclará, gracias a los difusores, y que se diluye en el agua de mar rápidamente y no modificará la concentración típica del agua.

2. Toxicidad y otros efectos nocivos.

Como se ha señalado, el efluente a descargar será básicamente agua de mar concentrada en sales y no contiene sustancias tóxicas, ni producirá efectos nocivos.

3. Acumulación en materiales biológicos o en sedimentos.

El agua salada de descarga no tiene características de acumulación ni en materiales biológicos ni en sedimentos, dado que básicamente es agua de mar concentrada en sales.

4. Transformación bioquímica que produzca compuestos nocivos.

Por la composición físico-química que presentará el agua salada de descarga no se presentarán transformaciones bioquímicas que produzcan compuestos nocivos en el medio marino.

5. Efectos desfavorables sobre el contenido y equilibrio de oxígeno.

El efluente de la Planta Desalinizadora, no afectará el contenido de oxígeno del agua de mar, principalmente por no ser de tipo orgánico.

6. Sensibilidad a las transformaciones físicas, químicas y bioquímicas e interacción en el medio acuático con otros componentes del agua del mar que puedan tener efectos nocivos, biológicos o de otro tipo, en relación con los usos enumerados en la sección E.

Como se ha señalado, debido a la composición físico-química que tendrá el agua salada de descarga y a su rápida dilución en el medio marino, no se generarán transformaciones físicas, químicas y bioquímicas ni interacciones con componentes del medio acuático.

El agua salada de descarga cumple el D.S. 90/01 Tabla Nº 5, la cual establece la calidad de los efluentes descargados a un medio marino fuera de la zona ZPL, norma cuyo objetivo es la protección ambiental para prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores.

C. Características del lugar de descarga y del medio marino receptor

1. Características hidrográficas, meteorológicas, geológicas y topográficas del litoral

Este punto queda condicionado al resultado de las campañas de los trabajos marinos. Hay que tener en cuenta que se utilizarán los emisarios existentes de la Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

2. Emplazamiento y tipo de la descarga (emisario, canal, vertedero, etc.) y su situación en relación con otras zonas (tales como zonas de esparcimiento, zonas de desove, de cría y de pesca, zonas marisqueras, etc.) y con otras descargas.

Este punto queda condicionado al resultado de las campañas de los trabajos marinos. Hay que tener en cuenta que se utilizarán los emisarios existentes de la Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

3. Dilución inicial lograda en el punto de descarga en el medio marino receptor.

Este punto queda condicionado al resultado de las campañas de los trabajos marinos. Hay que tener en cuenta que se utilizarán los emisarios existentes de la Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

Se deberá incluir una Modelización de Pluma de Salmuera para evaluar cómo se comporta la pluma de dispersión del agua salada de descarga en el medio marino. Para ello se utilizan programas específicos tipo CORMIX para generar un modelo hidrodinámico.

4. Características de dispersión, tales como efectos de las corrientes, de las mareas, y de los vientos en el desplazamiento horizontal y en la mezcla vertical.

Este punto queda condicionado al resultado de las campañas de los trabajos marinos. Hay que tener en cuenta que se utilizarán los emisarios existentes de la Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

La modelación de la pluma considera las condiciones de batimetría, mareas, vientos, corrientes, oleaje, y columna de agua (temperatura, salinidad, densidad) en el punto de descarga.

5. Características del agua (receptora en relación con las condiciones físicas, químicas, bioquímicas, biológicas y ecológicas en la zona de descarga).

Este punto queda condicionado al resultado de las campañas de los trabajos marinos. Hay que tener en cuenta que se utilizarán los emisarios existentes de la Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

6. Capacidad del medio marino receptor para absorber las descargas de desechos sin efectos desfavorables.

Este punto queda condicionado al resultado de las campañas de los trabajos marinos. Hay que tener en cuenta que se utilizarán los emisarios existentes de la Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

De acuerdo a las características del medio receptor y a través de una modelación de la concentración salina, podremos comprobar que a muy poca distancia del difusor se logra alcanzar el estándar ambiental. Fuera de esta distancia se logran las condiciones normales de mar en esa zona.

D. Disponibilidad de tecnologías relacionadas con los desechos. Los métodos de reducción y de descarga de efluentes industriales y aguas residuales domésticas deberán escogerse teniendo en cuenta la existencia y posibilidad de aplicación de:

a) Alternativas en materia de procesos de depuración

Va a estar condicionado a la definición que se realice en el desarrollo de la Ingeniería Básica. En cualquier caso podrían plantearse las **siguientes alternativas**:

Tratamiento efluentes lavado de membranas

El sistema de lavado de membranas consta fundamentalmente de un depósito de acumulación en el que se disuelve con agua osmotizada el reactivo adecuado para eliminar el ensuciamiento producido.

El efluente proveniente del lavado de las membranas es enviado a un estanque de neutralización donde se realizará la neutralización del efluente en base a la adición de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, según lo que indique el equipo de registro continuo de pH. La inyección de estos compuestos se realzará utilizando equipos dosificadores automatizados.

Tratamiento efluentes lavado membranas de ultrafiltración

El efluente proveniente del lavado de las membranas es enviado a un estanque de neutralización donde se realizará la neutralización del efluente.

Alternativa de NO APLICACIÓN

No se considerarán procesos de depuración para el agua salada de descarga, ya que como se ha señalado, corresponde básicamente a agua de mar concentrada en sales. El efluente a descargar cumple con los parámetros establecidos en el D.S. 90/2001 MINSEGPRES (ver valores de Tabla 3.3 establecidos para la descarga fuera de la ZPL).

b) Métodos de reutilización o de eliminación

El Proyecto no considera reutilización ni otros métodos de disposición del agua salada de descarga.

c) Alternativas de descarga en tierra

El Proyecto no considera alternativas de descarga en tierra.

d) Tecnologías de bajo nivel de desechos

La tecnología utilizada genera un bajo nivel de desechos, y es la apropiada para la producción de agua desalinizada. El efluente a descargar cumple con los parámetros establecidos en el D.S. 90/2001 MINSEGPRES.

E. Posible perturbación de los ecosistemas marinos y de los usos del agua del mar

1. Efectos sobre la salud humana como consecuencia de la incidencia de la contaminación en:

a) Los organismos marinos comestibles.

b) Las aguas de las zonas balnearias.

c) La estética.

El efluente de la Planta Desalinizadora no producirá efectos sobre la salud humana, ya que no existirá contaminación sobre organismos marinos comestibles, ni aguas de las zonas balnearias, ni en la estética del lugar de la descarga.

Además, el agua salada de descarga cumple con los límites establecidos en el D.S. 90/2001 MINSEGPRES Tabla Nº5, para descarga fuera de la ZPL.

2. Efectos sobre los ecosistemas marinos y especialmente sobre los recursos vivos, las especies amenazadas y los hábitat vulnerables.

Considerando que el agua salada de descarga de la Planta Desalinizadora, presentará una composición físico-química que se encontrará dentro de los parámetros establecidos y en un área de influencia acotada a los alrededores del emplazamiento del emisario, se puede señalar que no se generarán efectos sobre ecosistemas marinos y sobre recursos vivos fuera de esta área.

3. Efectos sobre otros usos legítimos del mar

En la fase previa de recopilación y análisis de información existente, se debe comprobar que no existen efectos sobre áreas destinadas a otros usos legítimos del mar en la zona de descarga.

Es importante contar con la información proporcionada por la SUBPESCA para asegurar que no se generarán efectos sobre otros usos del mar, considerando el área de cultivos marinos más cercana a la descarga del emisario de la Planta Desaladora.

F. 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.

El Proyecto considera la disposición en el mar de agua salada de descarga proveniente del proceso de producción de agua desalinizada de calidad industrial. Se estima que el Proyecto tendrá una descarga de aproximadamente 700 L/s, para el caso de una planta desaladora de 500 L/s de producción.

6.2.- ARTÍCULO 83 (PAS 83)

Permiso para el transporte de materiales radiactivos en todas las modalidades de transporte por vía terrestre, acuática o aérea, mientras tales materiales radiactivos no formen parte integrante del medio de transporte, a que se refiere el artículo 1 del D.S. 12/85 del Ministerio de Minería, que aprueba Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos.

Aplicabilidad al Proyecto de Planta Desaladora

Condicionado a: Aplicaría en el caso que el proyecto contemple la verificación de las soldaduras, en las uniones soldadas de los tubos, utilizando un sistema de radiografía (pruebas de rayos X) a objeto de verificar y garantizar la calidad de dichas uniones.

El Proyecto, en su fase de construcción, contempla la verificación de las soldaduras en las uniones soldadas de los tubos, para lo cual se utilizará un sistema de radiografía (pruebas de rayos x) a objeto de verificar y garantizar la calidad de dichas uniones. A continuación se señalan las medidas que permiten evitar la contaminación por material radiactivo durante el transporte de los equipos de radiografía industrial, para la inspección de soldaduras.

- El equipo de medición de rayos x será transportado en contenedores sellados y en camiones especialmente dispuestos para dichos efectos.
- La actividad de transporte se desarrollará por caminos públicos existentes.
- El camión que transporte el equipo cumplirá con las características establecidas por la normativa con el fin de asegurar o evitar contaminación por materiales radioactivos.
- El camión contará con las mantenciones correspondientes de acuerdo a lo establecido por el fabricante.

6.3.- ARTÍCULO 89 (PAS 89)

Permiso para la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros, a que se refiere el artículo 11 de la Ley Nº 11.402..

Aplicabilidad al Proyecto de Planta Desaladora

Condicionado a: Si el árido a emplear para las obras es extraído de un cauce natural.

6.4.- ARTÍCULO 90 (PAS 90)

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.

Aplicabilidad al Proyecto de Planta Desaladora

Etapa de construcción: Sistema de tratamiento de residuos líquidos industriales.

Etapa de operación: Sistema de limpieza de membrana ósmosis inversa para la etapa de operación. Planta de RILes.

El Proyecto contempla la construcción de una Planta Desalinizadora con sus respectivas tuberías de captación de agua de mar y emisario para la disposición de agua salada de descarga (sin olvidar la posibilidad de reutilizar los emisarios existentes de las Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo). La Planta captará aproximadamente 1200 L/s de agua del mar, la que se someterá a un proceso de tratamiento basado en ósmosis inversa, que consiste en el bombeo de agua de mar a alta presión previamente pre-tratada, a través de membranas semipermeables que retienen selectivamente las sales y dejan pasar el agua desalinizada.

Por tanto, se deben 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-química y microbiológica correspondiente al residuo industrial de que se trate.

El efluente del proceso corresponde a agua salada de descarga, cuyas características físico-químicas cumple con lo establecido en el D.S. 90/2001 del MINSEGPRES (Tabla Nº5 descarga fuera de la Zona de Protección Litoral).

b) La cuantificación del caudal a tratar, evacuar o disponer.

La Planta captará y tratará aproximadamente 1200 L/s de agua del mar, y considera la disposición en el mar de un caudal de aproximadamente 700 L/s de agua salada de descarga, por medio de un sistema de difusores de la tubería que conforma el emisario submarino.

El objetivo inicial es reutilizar los emisarios existentes de las Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo. En caso de que no fuera posible esta tubería tendrá la longitud necesaria desde la línea de la costa que permita alcanzar una profundidad de 20 - 25 metros aproximadamente bajo el nivel del mar.

c) Tipo de tratamiento de los residuos industriales y mineros.

Va a estar condicionado a la definición que se realice en el desarrollo de la Ingeniería Básica. En cualquier caso podrían plantearse las ***siguientes alternativas****:*

Tratamiento efluentes lavado de membranas

El sistema de lavado de membranas consta fundamentalmente de un depósito de acumulación en el que se disuelve con agua osmotizada el reactivo adecuado para eliminar el ensuciamiento producido.

El efluente proveniente del lavado de las membranas es enviado a un estanque de neutralización donde se realizará la neutralización del efluente en base a la adición de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, según lo que indique el equipo de registro continuo de pH. La inyección de estos compuestos se realzará utilizando equipos dosificadores automatizados.

Tratamiento efluentes lavado membranas de ultrafiltración

El efluente proveniente del lavado de las membranas es enviado a un estanque de neutralización donde se realizará la neutralización del efluente.

Alternativa de NO APLICACIÓN

El Proyecto no considera el tratamiento del agua salada de descarga, ya que corresponde principalmente a agua de mar concentrada en sales y cumple con los límites establecidos por el D.S. 90/01 del MINSEGPRES (Tabla Nº5 descarga fuera de la Zona de Protección Litoral).

d) La evacuación y disposición final de los residuos industriales y mineros.

Va a estar condicionado a la definición que se realice en el desarrollo de la Ingeniería Básica y a los resultados de los trabajos marinos.

El agua salada de descarga producida en el proceso de desalinización de agua de mar, será enviada al mar a través de un emisario submarino desde donde se descargará el efluente del proceso de ósmosis inversa (agua salada de descarga) fuera de la ZPL y se estima que se descargarán aproximadamente 700 L/s.

e) El efecto esperado de la descarga sobre el cuerpo o curso receptor, identificando los usos actuales y previstos de dicho receptor.

Va a estar condicionado a la definición que se realice en el desarrollo de la Ingeniería Básica y a los resultados de los trabajos marinos (modelación matemática del comportamiento de la descarga con el programa CORMIX,…).

El Proyecto considera la disposición al mar de agua salada de descarga de 700 L/s aproximadamente, proveniente del proceso de producción de agua desalinizada de calidad industrial.

Como se ha señalado, el agua salada de descarga cumple con los límites establecidos por el D.S. 90/01 del MINSEGPRES (Tabla Nº5 descarga fuera de la Zona de Protección Litoral).

f) La identificación de existencia de lodos, su cantidad y su caracterización físico-química y microbiológica.

Va a estar condicionado a la definición que se realice en el desarrollo de la Ingeniería Básica.

En el proceso de desalinización de agua de mar, se generarán lodos, provenientes del sistema de pretratamiento. Provendrán principalmente de la etapa de flotación (sistema DAF), por lo que su composición tendrá un carácter preferentemente orgánico.

g) Las características del tratamiento, disposición o evacuación de los lodos.

Los lodos constituirán parte de los sólidos generados por los procesos de separación de la Planta Desalinizadora que provendrán de la etapa de flotación (Sistema DAF). Éstos son de carácter no peligroso, por estar principalmente constituidos de materia orgánica. Estos lodos serán enviados a través del emisario junto al agua salada de descarga, y su valor se encuentra incluido en el valor de la descarga total (700 L/s).

6.5.- ARTÍCULO 91 (PAS 91)

Permiso destinado para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza, a que se refiere el artículo 71 letra b) del DFL Nº 725/67, Código Sanitario.

Aplicabilidad al Proyecto de Planta Desaladora

Etapa de construcción: condicionada al tiempo de esta etapa, mayor a 6 meses requiere solución particular para aguas servidas en caso de no existir factibilidad de conexión a empresa sanitaria.

Etapa de operación: de no existir conexión sanitaria, se deberá contar con sistema particular de aguas servidas.

a) En caso de disposición de las aguas por infiltración:

a.1. La profundidad de la napa en su nivel máximo de agua, desde el fondo del pozo filtrante.

a.2. La calidad del terreno para efectos de determinar el índice de absorción.

a.3. La cantidad de terreno necesario para filtrar.

b) En caso que las aguas, con o sin tratamiento, sean dispuestas en un cauce superficial:

b.1. La descarga del efluente en el cauce receptor.

b.2. Las características hidrológicas y de calidad del cauce receptor, sus usos actuales y previstos.

c) En casos de plantas de tratamiento de aguas servidas:

c.1. La caracterización físico-química y microbiológica del caudal a tratar.

c.2. El caudal a tratar.

c.3. Caracterización físico-química y bacteriológica del efluente tratado a descargar al cuerpo o curso receptor.

c.4. La caracterización y forma de manejo y disposición de los lodos planta.

6.6.- ARTÍCULO 93 (PAS 93)

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. Nº 725/67, Código Sanitario.

Aplicabilidad al Proyecto de Planta Desaladora

Aplica para el almacenamiento temporal de residuos industriales sólidos peligrosos y no peligrosos en etapa de construcción y operación.

Los residuos sólidos que se generarán durante las fases de construcción y operación, correspondiente a los residuos domiciliarios, residuos no peligrosos, los que serán trasladados a un sitio de almacenamiento temporal de residuos, el cual requiere de autorización previa por parte de la Autoridad Sanitaria, de

acuerdo lo indicado en el Reglamento del SEIA. Dichas autorizaciones para la instalación de los lugares destinados a la acumulación temporal de los residuos sólidos, constituyen permisos ambientales sectoriales, cuya tramitación debe iniciarse durante la evaluación ambiental del Proyecto.

Atendido a lo anterior, a continuación se señalan 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.

Los residuos generados no serán tratados, sólo se almacenarán temporalmente.

a.2. Localización y características del terreno.

El acopio temporal de residuos domiciliarios, industriales y peligrosos se realizará dentro de los límites de la planta desaladora.

a.3. Caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos.

Es necesario identificar todos los residuos durante la etapa de construcción y durante la etapa de operación.

a.4. Obras civiles proyectadas y existentes.

Para el acopio temporal de los residuos que generará la planta se instalarán patios o bodegas de acopio.

a.5. Vientos predominantes.

En este punto, es importante el análisis y estudio de la información existente próxima a la zona de implantación de la Planta Desaladora, previo a los resultados generados durante los estudios encargados en la fase de preparación de la documentación necesaria para el informe del EIA.

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.

Como medidas de abatimiento de emisiones de material particulado se ha considerado la humectación de zonas aledañas al acceso de los sitios de almacenamiento temporal de residuos.

Los residuos que pueden generar olores (si los hay) y presencia de vectores dentro del sitio de almacenamiento temporal, corresponden principalmente a los residuos sólidos domésticos, por lo cual su manejo considera el almacenamiento en contenedores cerrados.

a.7. Características hidrológicas e hidrogeológicas.

Será conveniente consultar el mapa hidrogeológico de Chile disponible en la DGA, el cual expone la probabilidad de presencia de acuíferos y tipo de suelo, es decir, las características hidrológicas e hidrogeológicas de las zonas donde se ubicará el patio de almacenamiento temporal de residuos.

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.

El Proyecto contará con planes de prevención de riesgos y control de accidentes.

El manejo de residuos cumplirá con todos las exigencias de los organismos competentes para el almacenamiento, manejo, transporte, disposición final y control de accidentes, además de contar con todos los recursos necesarios y exigidos por la normativa aplicable para enfrentar una emergencia.

a.9. Manejo de residuos generados dentro de la planta.

- Residuos domiciliarios.
- Residuos no peligrosos.
- Residuos peligrosos.

6.7.- ARTÍCULO 94 (PAS 94)

Calificación de los establecimientos industriales o de bodegaje a que se refiere el artículo 4.14.2. del D.S. Nº47/92, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Aplicabilidad al Proyecto de Planta Desaladora

Aplica a la Planta desalinizadora y su infraestructura asociada. Además se contempla área apropiada, adyacente a la carretera principal de acceso, se utilizará para el almacenamiento de productos químicos a granel, como sosa cáustica, antiescalante, metabisulfito de sodio (SMBS), hipoclorito y ácido sulfúrico.

a) Memoria técnica de características de construcción y ampliación.

La construcción de la Planta Desalinizadora tendrá su inicio con los movimientos de tierra, para posteriormente realizar las fundaciones y montaje de todas las estructuras que contempla la Planta Desalinizadora, tubería de captación de agua de mar y tubería descarga del efluente o agua salada de descarga e inicio del trazado de la tubería de conducción de agua desalada.

Paralelamente se emplazarán en el lecho marino, las tuberías de captación de agua de mar y el emisario para el agua salada de descarga (en caso de no hacer uso de la infraestructura existente).

La Planta Desalinizadora estará diseñada para una producción máxima de 500 L/s de agua desalinizada, a partir del pre-tratamiento y procesamiento por osmosis inversa del agua de mar.

b) Plano de planta.

Es necesaria la información aportada en el Proyecto de Ingeniería Básica.

c) Memoria técnica de los procesos productivos y su respectivo flujograma.

Habrá que incluir la información procedente del Proyecto de Ingeniería Básica.

La Planta Desalinizadora ha sido diseñada para producir agua desalinizada de calidad industrial con un caudal máximo de 500 L/s. Los procesos que contempla dicha Planta se indican a continuación:

- Captación de agua de mar.
- Pre-tratamiento.
- Osmosis inversa.
- Limpieza de membranas de ósmosis inversa.
- Desplazamiento (“flushing”).
- Lavado de membranas de ultrafiltración.
- Descarga de agua salada.
- Sistema de impulsión agua desalinizada.

d) Anteproyecto de medidas de control de contaminación biológica, física y química.

En el área de la Planta Desalinizadora no existirá riesgo de contaminación biológica, física o química, sin embargo el Proyecto ha considerado las siguientes medidas de control para la disposición de los residuos sólidos, residuos industriales líquidos, aguas servidas, emisiones atmosféricas y emisiones de ruido del presente Proyecto:

Residuos Sólidos

i. Fase de Construcción
ii. Fase de Operación

Residuos Industriales Líquidos

i. Fase de Construcción
ii. Fase de Operación

Aguas Servidas

i. Fase de Construcción
ii. Fase de Operación

Emisiones Atmosféricas

i. Fase de Construcción
ii. Fase de Operación

Emisiones de Ruido

i. Fase de Construcción
ii. Fase de Operación

e) Caracterización cualitativa y cuantitativa de las sustancias peligrosas a manejar

Habrá que incluir la información procedente del Proyecto de Ingeniería Básica. Una vez realizado el dimensionamiento del proceso se podrá desarrollar un estudio de explotación que incluirá los productos químicos indicando las dosis, concentración, densidad y consumos de los principales productos químicos a utilizar durante la operación de la Planta Desalinizadora.

Durante la fase de construcción y operación del Proyecto se utilizarán insumos dentro de los cuales algunos corresponden a sustancias peligrosas, de aquellas que se definen en las normas chilenas oficiales NCh 382 Of.04 y NCh 2120/1 al 9 Of.04.

En cuanto a la peligrosidad de los productos químicos utilizados, a continuación se incluye la Tabla 3.6 en que se indica la Clasificación de las sustancias químicas utilizadas para este proceso de desalinización.

Tabla 3.6
Peligrosidad Productos Químicos
Proceso de Desalinización en Agua de Mar

Producto	Fórmula Química	Clasificación (NCh 382.Of98)
Hipoclorito de Sodio	NaOCl	8 (Corrosivo)
Ácido Sulfúrico	H_2S0_4	8 (Corrosivo) + Sustancia Venenosa (6.2)
Cloruro Férrico	$FeCl_3$	8 (Corrosivo)
Bisulfito de Sodio	$NaHSO_3$	8 (Corrosivo)
Hidróxido de Calcio	$Ca(OH)_2$	8 (Corrosivo)
Dióxido de Carbono	CO_2	Sin Clasificación (No peligroso)
Ácido Clorhídrico	HCl	8 (Corrosivo)
Hidróxido de Sodio	NaOH	8 (Corrosivo)
EDTA	$C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2$ x $2H_2O$ + NaOH	8 (Corrosivo)
Acido Cítrico	$H_3C_6H_5O_7H_20$	Irritante
Lauril Sulfato Sódico	$NaC_{12}H_{25}SO_4$	Sin Clasificación (No peligroso)

Fuente: HATCH.

Habrá que identificar los procedimientos aplicables para el manejo y control de derrames de las sustancias peligrosas. También se deben incluir las hojas de seguridad que indican las características cualitativas de cada una de las sustancias que considera el Proyecto.

f) Medidas de control de riesgos a la comunidad.

Se considerarán las siguientes medidas de control de riesgos:

- Generación de ruido
- Emisión de Material Particulado (MP10)
- Riesgo de Incendio

g) Anteproyecto de medidas de control de riesgos y accidentes y enfermedades profesionales hacia los trabajadores.

Con el fin de controlar los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales hacia el trabajador, el Proyecto cumplirá con lo establecido en la Ley 16.744 “Seguro Social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales” y sus Reglamentos. Para el cumplimiento de toda la normativa relativa al control de los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, el Proyecto contará con un Prevencionista de Riesgos.

Adicionalmente, y con el fin de cumplir la legislación vigente, el Proyecto contempla:

- Control estadístico de accidentes del trabajo.
- Instalaciones y equipos concebidos para que los trabajadores realicen sus funciones en buenas condiciones, desde el punto de vista seguridad y de sanidad.
- Realización de evaluaciones ambientales correspondientes en los ambientes laborales con el fin de cumplir con lo establecido en el D.S. 594, según corresponda.

6.8.- ARTÍCULO 95 (PAS 95)

Permisos para realizar pesca de investigación que sea necesaria para el seguimiento de la condición de poblaciones de especies hidrobiológicas en la aplicación del primer año del plan de seguimiento ambiental, a que se refiere el Título VII de la Ley Nº 18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura y sus modificaciones, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado se contiene en el D.S. Nº 430, de 1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 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.

6.9.- ARTÍCULO 99 (PAS 99)

Permiso para la caza o captura de los ejemplares de animales de las especies protegidas, a que se refiere el Artículo Nº 9 de la Ley 4.601, sobre Caza.

6.10.- ARTÍCULO 101 (PAS 101)

Permiso para la construcción de las obras a que se refiere el artículo 294 del D.F.L. Nº 1.122 de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas.

6.11.- ARTÍCULO 102 (PAS 102)

Permiso para corta o explotación de bosque nativo, en cualquier tipo de terreno o plantaciones ubicadas en terrenos de aptitud preferentemente forestal a que se refiere el artículo 21 del decreto Ley Nº 701, de 1974, sobre fomento Forestal, cuya corta o explotación sea necesaria para la ejecución de cualquier Proyecto o actividad de las señaladas en el artículo 3 del presente Reglamento, con excepción de los proyectos a que se refiere el literal m.1, 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.

6.12.- ARTÍCULO 106 (PAS 106)

Permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales, a que se refiere el segundo inciso del artículo 171 del DFL Nº 1.222 de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas.

Anexo 3.1.- Documentación Legal

01PR14-2102-A01-Documentacion Legal_rv00.pdf

Orden 12 600-20 de fecha 29/09/1997.- Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente al mejoramiento integral del Sistema de Alcantarillado La Serena – Coquimbo

ANEXO

01PR14-2102-A01-Documentacion Legal_rv00.pdf

ARMADA DE CHILE
DIRECCION GRAL. DEL TERRITORIO MARITIMO
Y DE MARINA MERCANTE
GOBERNACION MARITIMA DE COQUIMBO

G.M. COQ. ORDINARIO N° 12600/20/77

OBJ.: R/c Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente al mejoramiento integral del Sistema de Alcantarillado La Serena - Coquimbo.

03 OCT. 1997

COQUIMBO, 29 SEP 1997

DEL GOBERNADOR MARITIMO DE COQUIMBO

AL GERENTE DE EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE COQUIMBO (ESSCO).

1.- En respuesta al documento citado en la referencia relacionado al estudio de Evaluación de Impacto Ambiental "Estudio de mejoramiento "Integral del Sistema de Alcantarillado La Serena - Coquimbo"; informo a Ud., lo siguiente:

a.- Con fecha 7 de Agosto del presente año, se efectuó en la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático una reunión de carácter técnico, con el fin de aclarar dudas respecto al estudio de impacto ambiental en comento.

b.- La reunión se basó principalmente en exponer, de manera resumida, el estudio que se realizó en La Serena y Coquimbo, indicando que la descarga de emergencia que existía en La Herradura había sido eliminada hace dos o más años; también se dijo que no habían industrias (de cualquier rubro) que estuviera descargando o vertiendo sus RILES al alcantarillado. Lo anterior será constatado por esta Autoridad Marítima, dado que se tenía considerado que la mayor cantidad de empresas que estaban conectadas al alcantarillado eran las pesqueras.

2.- Respecto al estudio de Evaluación de Impacto Ambiental se aprueba con las siguientes observaciones debiendo éstas ser aclaradas a la brevedad:

a.- De acuerdo al análisis realizado al capítulo de estudio de corrientes y dispersión, éste se acepta, no obstante la empresa deberá presentar al análisis estadístico realizado es base a los datos con los cuales se validaron los resultados de modelación.

b.- Deberá efectuar una comparación e integración científica de los estudios anteriores (1980) con los realizados en estas fechas (especialmente oceanográficos y biológicos), con el fin de determinar la condición ambiental en la cual se encuentran los sectores analizados.

c.- El estudio carece del volumen IV, el cual se menciona en reiteradas ocasiones, por lo que deberá acompañarse.

3.- Para la ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), se deberán efectuar modificaciones al plan original, con el fin de realizar un seguimiento de las descargas de origen doméstico en la zona. Dichas modificaciones se indican a continuación:

a.- Según los objetivos generales planteados en las páginas 8 y 9 del estudio, se señala que se permitiría conocer con la debida anticipación los efectos y consecuencias ecológicas en el ecosistema marino. Al respecto, esta Autoridad Marítima estima conveniente citar los objetivos generales como objetivos específicos del Plan de Vigilancia Ambiental, especialmente a aquellos planteados en el primer párrafo de la página 9.

Estos son:

- Actualizar la parte oceanográfica de todo el litoral entre La Herradura hasta Punta Teatinos en la Bahía Coquimbo.
- Disponer de todos los antecedentes técnicos para verificar el actual tratamiento.
- Definir a futuro las nuevas soluciones de tratamiento y disposición final para esta zona.
- Producto del crecimiento turístico de Coquimbo y La Serena, tomar las medidas pertinentes para evitar la contaminación y conservar responsablemente el sector costero.

b.- Realizar mediciones del efluente en la última cámara de los emisarios La Pampilla y La Serena. Los parámetros a medir se encuentran en el anexo "Malla".

Cabe señalar, que si uno o varios de los parámetros exceden los límites permitidos, se deberán efectuar a la brevedad los muestreos de éstos en el cuerpo receptor y mantener su continuidad hasta que los niveles sean normalizados.

c.- En relación a la parte oceanográfica, instalar dos correntómetros por 30 días de registro efectivo.

- Uno a la entrada de la bahía por la Península de Coquimbo (La Palmilla).
- Uno a la cuadra de la boca del emisario La Serena a unos 100 metros de la misma.
- Lanzar derivadores a 0 metros y a 16 metros desde la boca del emisario de Coquimbo y desde la boca del emisario La Serena, en forma simultánea y con las condiciones de viento más desfavorables para la zona costera, esto es, cuando el viento sopla hacia el continente, pero enmarcados dentro del ciclo lunar elegido para la correntometría.
- Al mismo tiempo que se realiza la experiencia con derivadores descargar en la boca de ambos emisarios una solución de Rodamina de manera de corroborar los datos obtenidos de los derivadores y correntómetros.

- Para la bahía Herradura, en las estaciones oceanográficas, utilizar derivadores y rodamina en forma simultánea y bajo las mismas condiciones del estudio oceanográfico de la Bahía de Coquimbo.

d.- Respecto a los estudios bentónicos, cada situación muestreada será a lo menos con dos réplicas. Además, de los resultados obtenidos se deberán realizar determinaciones del N° de especie, especie diversidad, uniformidad, curvas ABC, Abundancia y Dominancia.

e.- Como apoyo a lo estipulado en el plan de monitoreo, los estudios en la columna de agua, sedimento, efluente, biota así como las estaciones de muestreo, niveles de profundidad y frecuencia, se dan a conocer en el anexo "Malla" adjunto al presente documento.

f.- Cada informe de monitoreo que se elabore, deberá tener un análisis exhaustivo y detallado de los resultados que se obtengan, relacionando la información (Biológica, Oceanográfica, Química, etc.) e indicando si la condición de las zonas han variado positiva o negativamente para la salud humana y los recursos que del medio acuático dependen. A su vez el informe también deberá contener una comparación con el estudio de Línea Base y los monitoreos anteriores.

g.- Asimismo la empresa deberá presentar en el informe final un capítulo de conclusiones abocado a determinar los escenarios de circulación más probables y más desfavorables desde un punto de vista ambiental, basado en los estudios de línea de base relacionando la dilución, la dispersión, capacidad del cuerpo receptor para recibir las descargas y las zona de protección litoral.

h.- Los informes deberán presentarse firmados por los profesionales idóneos que participaron en su elaboración.

i.- De acuerdo a los resultados obtenidos en el segundo informe del PVA, deberá presentarse caracterizada y definida una estación control para los parámetros químicos de la columna de agua, biota y sedimento.

j.- La empresa deberá dar a conocer a la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático y a esta Autoridad Marítima un cronograma de trabajo de las actividades a realizar. Como también el nombre y ubicación de la persona que ha sido designada como representante.

Saluda a Ud.,

ARMADA DE CHILE
Gobernador Marítimo
Dirección Gral. Territorio Marítimo y Marina Mercante

ALEJANDRO OLIVARES ARANCIBIA
CAPITAN DE FRAGATA LT
GOBERNADOR MARITIMO DE COQUIMBO

DISTRIBUCION:
1.- ESSCO.
2.- ARCHIVO SPMAA.

MALLA

ESTUDIOS EN CULUMNA DE AGUA, SEDIMENTO Y EFLUENTE

PARAMETRO	EFLUENTE	COLUMNA DE AGUA	SEDIMENTO
CAUDAL	X		
TEMPERATURA	X	X	
SOL.SEDIMENTABLES	X		
SOL.SUSPENDIDOS	X	X	
SOL.DISUELTOS	X		
SOL.TOTALES	X		
Ph	X		
DBO	X		
DQO	X		
NITROGENO TOTAL	X		X
NITROGENO AMONIACAL	X		
FOSFORO TOTAL	X		X
COBRE	X		
CADMIO	X		
CROMO	X		
HIERRO	X		
MOLIBDENO	X		
NIQUEL	X		
PLOMO	X		
ZINC	X		
ARSESICO	X		
CIANURO	X		
GRASAS Y ACEITE	X	SOLO EN SUPERFICIE	
DETERGENTES	X		
HIDROCARBUROS	X		
FENOLES	X		
SULFATOS	X		
SULFUROS	X		
COLIFORMES FECALES	X	X	
COLIFORMES TOTALES	X	X	
SALINIDAD		X	
GRANULOMETRIA			X
COT	X		X
OXIGENO DISUELTO	X		

ESTACIONES DE MUESTREO

ESTACION	SEDIMENTO	*COLUMNA DE AGUA	BIOTA
R1	X	X	X
R2	X	X	
R3	X	X	X
R4	X	X	
R5	X	X	
R6	X	X	
R7	X	X	
R8	X	X	
R9	X	X	
R10		X	
R11		X	X
R12		X	X
R13		X	X
R14		X	
R15		X	
M1		X	
M2		X	
M3		X	X
M4	X	X	
M5		X	X
M6	X	X	
M7		X	X
M8	X	X	X
M9		X	X
M10	X	X	
M11	X	X	X
M12		X	
C1		X	
C2		X	
C3		X	
C4		X	
C5		X	
C6		X	
C7		X	
C8		X	
C9		X	
C10		X	
C11		X	
C12		X	
C13		X	
B1	X		
B2	X		

* ELABORAR DIAGRAMAS T/S PARA LA COLUMNA DE AGUA

LA HERRADURA (ESTACIONES DE MUESTREO)

ESTACION	SEDIMENTO	COLUMNA DE AGUA	BIOTA
M13	X	X	X
M14	X	X	X
M15	X	X	X
M16	X	X	
O14	X	X	
O15	X	X	
O16	X	X	
O17	X	X	

FRECUENCIA MUESTREO 1er. AÑO MONITOREO

MEDICION	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
EFLUENTE	X		
COLUMNA DE AGUA		X	
SEDIMENTO			X
BIOTA			X
CORRIENTE		X	

NOTAS: LAS MEDICIONES PREFERENTEMENTE HACERLAS COINCIDIR CON LAS ESTACIONES PRIMERA-VERANO-OTOÑO-INVIERNO

EN RELACION A LA REALIDAD BATIMETRICA DE LA ZONA LAS ESTACIONES DE COLUMNA DE AGUA, SEDIMENTO, BENTOS DERIVADORES Y CORRENTOMETROS; DEBERAN TOMARSE MUESTRAS DE SUPERFICIE Y PROFUNDIDAD SEGÚN CORRESPONDA.

Resolución Exenta nº 64 de fecha 19/05/2006.- Califica el Estudio de Impacto Ambiental "Coquimbo: Planta de tratamiento de aguas servidas y emisario submarino"

ANEXO

01PR14-2102-A01-Documentacion Legal_rv00.pdf

REPUBLICA DE CHILE
COMISION REGIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
REGION DE COQUIMBO

MAT.: Califica el Estudio de Impacto Ambiental "Coquimbo: Planta de tratamiento de aguas servidas y emisario submarino".

RESOLUCION EXENTA N°: 64

LA SERENA, 19 de mayo de 2006

VISTO:

1. Lo dispuesto en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente; el artículo 2° del D.S. 95/01 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que aprueba el texto refundido, coordinado y sistematizado del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental; la Ley N°19.880 que Establece Bases de los Procedimientos Administrativos que Rigen los Actos de los Organos de La Administración del Estado; la Resolución N°520/96, que fija texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Resolución N°55/92, ambas de la Contraloría General de la República; y las demás normas aplicables al proyecto.

2. El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto "Coquimbo: Planta de tratamiento de aguas servidas y emisario submarino", en adelante el proyecto y sus *Adenda*, sometido al sistema de evaluación de impacto ambiental por Aguas del Valle S.A., en adelante el titular, representada por el Sr. Gustavo González Doorman.

3. Las observaciones y pronunciamientos de los órganos de la administración del Estado que, sobre la base de sus facultades legales, participaron en la evaluación del EIA y sus *Adenda*, las cuales se contienen en los siguientes documentos:

3.1 En relación al EIA y sus Adenda:

Cuadro N°1: Pronunciamientos de los Órganos de la Administración del Estado:

Órgano de la Administración del Estado	Identificación del pronunciamiento respecto del:			
	E.I.A.	Adenda N°1	Adenda N°2	Adenda N°3
Municipalidad de Coquimbo	Ord. N°966 del 12.10.2005	Ord. N°1104 del 21.12.2005	--	--
SEREMI de Agricultura	Ord. N°338 del 12.10.2005	--	--	--
SEREMI SERPLAC	--	Ord. N°1909 del 28.12.2005	--	--
SEREMI de Vivienda y Urbanismo	Ord. N°1310 del 12.10.2005	Ord. N°131 del 06.01.2006	--	--
SEREMI de Obras Públicas	Ord. N°1423 del 30.09.2006	--	--	--
SEREMI de Salud	Ord. N°1012 del 31.10.2005	Ord. N°1205 del 26.12.2005	Ord. N°161 del 07.02.2005	Ord. N°280 del 06.03.2006
S.A.G.	Ord. N°2147 del 12.10.2005	Ord. N°2956 del 27.12.2005	--	--
Consejo Monumentos Nacionales	Ord. N°3528 del 25.10.2005	--	--	--
Superintendencia de Electricidad y Combustibles.	Ord. N°810 del 12.10.2005	--	--	--
Superintendencia de Servicios Sanitarios.	Ord. N°1897 del 20.10.2005	Ord. N°0016 del 09.01.2006	--	--
SERNATUR	Ord. N°267 del	Ord. N°298 del	--	--

GERENCIA GENERAL IV REGION
AGUAS del Valle S.A.
23 MAYO 2006

Órgano de la Administración del Estado	Identificación del pronunciamiento respecto del:			
	E.I.A.	Adenda N°1	Adenda N°2	Adenda N°3
	02.11.2005	26.12.2005		
Subsecretaría de Pesca	Ord. N°1771 del 07.10.2005	Ord. N°2361 del 26.12.2005	Ord. N°[illegible]04 del 15.02.2006	--
SERNAPESCA	Ord. N°440178105 del 12.10.2005	Ord. N°440220605 del 22.12.2005	Ord. N°44[illegible]034206 del 15.02.2006	--
Gobernador Marítimo de Coquimbo	Ord. N°12.600/725/56 del 12.10.2005	Ord. N°12.600/25/93 del 26.12.2005	Ord. N°12.600/25/49 del 10.02.2006	--

3.2 En relación a la visación del Informe Consolidado de Evaluación:

Cuadro N°2: Visaciones al ICE.

Órganos de la Administración del Estado	Pronunciamiento
SERNAPESCA Región de Coquimbo	Of. N°440059806 de fecha 03.04.2006
I. Municipalidad de Coquimbo	ORD. N°219 de fecha 05.04.2006
Superintendencia de Electricidad y Combustibles Región de Coquimbo	ORD. N°286 de fecha 06.04.2006
SEREMI de Vivienda y Urbanismo Región de Coquimbo	ORD. N°381 de fecha 07.04.2006
SEREMI SERPLAC Región de Coquimbo	ORD. N°299 de fecha 07.04.2006
Superintendencia de Servicios Sanitarios	ORD. N°931 de fecha 11.04.2006
SEREMI de Salud Región de Coquimbo	ORD. N°2C/462 de fecha 13.04.2006
SAG Región de Coquimbo	ORD. N°846 de fecha 13.04.2006
Consejo Monumentos Nacionales	ORD. N°1367 de fecha 17.04.2006
SEREMI de Vivienda y Urbanismo Región de Coquimbo	ORD. N°381 de fecha 07.04.2006 ORD. N°425 de fecha 20.04.2006 ORD. N°538 de fecha 12.05.2006
Subsecretaría de Pesca	ORD. N°662 de fecha 19.04.2006

4. Las observaciones formuladas al EIA en el marco de la participación ciudadana, por parte de las siguientes personas y recibidas dentro del plazo legal establecido:

- Sr. Julio Silva Sáez, domiciliado en calle Australia N°1106, Las encinas, San Juan, Coquimbo.
- Sr. Juan Trigo Valenzuela, Diego de Almagro 1022, Las Encinas.
- Sr. José Dante Mercado, Arauco N°471, Tierras Blancas, Coquimbo.

5. El Informe Consolidado de Evaluación Final del EIA del proyecto, de Marzo de 2006.

6. Los demás antecedentes que constan en el expediente público de la evaluación de impacto ambiental del proyecto.

7. El Acta N°9 de la reunión de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Coquimbo, de fecha 15 de mayo de 2006.

CONSIDERANDO:

1. Que, la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Coquimbo debe velar por el cumplimiento de todos los requisitos ambientales aplicables al Proyecto.

2. Que, el derecho del titular a emprender actividades está sujeto al cumplimiento estricto de todas aquellas normas jurídicas vigentes, referidas a la protección del medio ambiente y a las condiciones bajo las cuales se satisfacen

los requisitos aplicables a los permisos ambientales sectoriales que deben otorgar los órganos de la administración del Estado.

3. Que, según lo establecido en el EIA y sus *Adenda*, el proyecto consiste en la implementación de una solución sanitaria y ambiental definitiva para la actual descarga de aguas servidas crudas de la ciudad de Coquimbo, requiriéndose una inversión aproximada de $ 5.691.484.755 (cinco mil seiscientos noventa y un millones cuatrocientos ochenta y cuatro mil setecientos cincuenta y cinco pesos) con una vida útil de 20 años.

El proyecto se emplazará en la Región de Coquimbo, Provincia de Elqui, Comuna de Coquimbo, dentro del límite urbano de la Ciudad de Coquimbo, en el sector conocido como "La Pampilla", específicamente en el margen occidental de la Península Coquimbo, en el sector denominado "Punta Tinaja", aproximadamente a 2 Km al oeste del núcleo urbano de la ciudad de Coquimbo. Las coordenadas de referencia UTM (Datum: WGS84, Elipsoide Internacional 1924) para la ubicación del proyecto son:

Cuadro N°3: Coordenadas de ubicación del proyecto

Componente	**Este**	**Norte**
Planta de tratamiento físico	272.445	6.684.564
Borde costero	272.087,43	6.684.178,02
Punto de descarga en el mar	271.364,33	6.684.698,01

Respecto del personal que laborará en el proyecto, durante la etapa de construcción, que tendrá una duración de 7 meses, se estima que la mano de obra requerida será de 12.600 horas hombres por mes, lo que implica que el promedio mensual será de 63 personas, sin contar con los subcontratos que se estiman en 40 trabajadores promedio por mes. En la etapa de operación y ya que la planta tiene un sistema de telemetría mediante el cual se monitorea permanentemente el funcionamiento de todos los equipos que funcionan automáticamente, no se requiere de personal permanente en ella, sin embargo de acuerdo al programa de mantenimiento y operación interno de Aguas del Valle S.A. se visitará diariamente por personal de Operaciones de Aguas del Valle, en un máximo de 1 o 2 técnicos.

3.1 Que, las componentes del proyecto serán las que describen a continuación:

a. Una cañería de entrada de aproximadamente 274 m de longitud, que conducirá las aguas colectadas de la ciudad de Coquimbo hacia la planta de tratamiento físico.

b. Una planta de tratamiento físico de aguas servidas.

c. Un tramo de emisario terrestre, ducto de aproximadamente 150 m de longitud que conducirá las aguas tratadas en la planta de tratamiento físico hacia la cámara de carga del emisario.

d. Una cámara de carga, elemento que se ubicará en el borde costero y recibirá las aguas conducidas por el emisario terrestre y abastecerá al emisario submarino con un flujo predeterminado.

e. Un emisario submarino, ducto de 900 mm de diámetro y de 1.114 m de longitud (176 m subterráneo y 938 m submarino) que se ha proyectado emplazar en el sector de Punta Tinaja y que se internará en el mar para descargar las aguas contenidas en la cámara y a una profundidad de 87 m, fuera de la zona de protección litoral.

3.2 Que, la planta de tratamiento físico considerada en el proyecto, ha sido diseñada para eliminar los sólidos gruesos, basura, arenas, aceites y grasas, del caudal de aguas servidas que ingresen al sistema, de modo de evitar que estos elementos sedimenten dentro del ducto del emisario submarino, protegiéndolo y aumentando su vida útil. Esta planta estará diseñada para tratar un caudal de mil doscientos cincuenta litros por segundo (1.250 l/s) y formarán parte de esta componente las siguientes unidades:

a. Cámara de rejas: El caudal de aguas servidas provendrá principalmente de plantas elevadoras existentes en la ciudad de Coquimbo. El proyecto ha considerado que previo al ingreso al sistema de tratamiento, este caudal sea conducido a través de una cámara de rejas gruesas cuya función será filtrar y retener elementos gruesos.

b. Cámara de ingreso y by-pass: Al interior del recinto de la planta de tratamiento físico, por el costado sur del edificio, se habilitará una cámara de ingreso y by-pass, la cual cumplirá una doble función:

- Conducir el ingreso del agua servida a tratamiento, y
- Ante una situación que impida las operaciones normales de tratamiento, desviar el caudal de aguas servidas, impidiendo su ingreso al sistema de tratamiento físico y conduciéndolo directamente hacia el emisario submarino para su descarga al mar por las obras de by-pass.

Las aguas servidas que llegarán al sistema por impulsión, serán conducidas por una canal de 1 m de ancho hasta la canaleta denominada "Parshall" en donde se medirá el caudal que ingrese al sistema. Aguas abajo de esta canaleta se dispondrá de una válvula denominada "de cuchillo electroactuada", la cual será comandada en función del caudal de entrada y la cantidad de equipos en operación. Será esta válvula la que ante un evento de corte de energía, falla del generador, u otra contingencia se cerrará desviando las aguas servidas al by-pass.

Toda la estructura de la cámara será en hormigón armado y será cubierta por losetas de hormigón para evitar la salida de malos olores desde el edificio. En esta cámara se instalarán 2 sensores ultrasónicos de nivel que permitirán medir el caudal instantáneo y registrar el volumen acumulado de agua. Uno sensor será instalado en la canaleta Parshall y otro en el vertedero de by-pass.

c. Sistema by-pass: Este sistema estará compuesto por un vertedero ubicado en la cámara de entrada o ingreso, la compuerta de cuchillo y una tubería de acero de 700 mm de diámetro, que en forma subterránea se conectará con la cámara de salida, para finalmente descargar las aguas servidas - no tratadas - al mar a través del emisario submarino. Este sistema sólo operará en las siguientes circunstancias:
c.1. En caso de superar el flujo de diseño de tratamiento (acción del vertedero)
c.2. Con ocasión de falla, equipos fuera de operación o contingencia (operación de compuerta)

Para el primer caso, en forma hidráulica se provocará un aumento del nivel de aguas vertiéndose a través de un vertedero hacia el by-pass, mientras que para el segundo, la descarga al by-pass desde el vertedero ocurrirá al operar la compuerta electroactuada.

d. Sistema de tratamiento preliminar: Este estará conformado, en una primera etapa, por seis módulos compactos, agregándose dos más en el futuro. El tratamiento considerará un filtrado fino, mediante una reja mecanizada de 3 mm de abertura, integrado a la unidad de tratamiento compacta. Paralelamente a la función de filtrado fino, la arena presente en el agua pasará a un estanque de decantación o desarenador. Este estanque estará dimensionado sobre la base del tiempo de retención necesario para que se produzca una tasa de captura de 90% de los sólidos $\geq 0{,}2$ mm. La arena decantada será recolectada por un sistema mecanizado (tornillo espiral) para transportarla fuera de la unidad hasta un punto de descarga y disponerla en un contenedor.

El sistema también removerá grasas mediante un sistema de aireación/flotación en el estanque desarenador y a través de un sistema barredor se acumularán en un tanque recolector de grasas.

Siguiendo el proceso de tratamiento físico, las aguas servidas serán conducidas a cada uno de los módulos de tratamiento mediante un "manifold" de acero con la tubería central de 900 mm y los ramales de 500 mm con válvulas de compuertas a la entrada de cada equipo, las que permitirán regular el caudal que ingresará a cada módulo como también, en períodos de bajo caudal, dejar alguno de ellos fuera de operación. El agua será conducida gravitacionalmente mediante tuberías de acero hacia cada módulo o unidades de tratamiento en el que se han previsto uniones de desmontaje. Estos equipos estarán provistos de una reja y by-pass interno que transporte las aguas hacia la salida del mismo en caso de obstrucción o ascenso del nivel de agua al interior de ellos. Si la obstrucción y el consiguiente ascenso del nivel de agua es significativo al interior de los equipos, el aumento de nivel será absorbido por otros equipos o se evacuará por el by-pass general de la planta en la cámara de ingreso.

La salida del agua de estas unidades será también mediante tuberías hacia un manifold en tubería de acero que estará dispuesto a nivel de piso (recibe las descargas de los equipos en forma vertical), el cual conducirá gravitacionalmente el efluente tratado hacia la cámara de salida y posteriormente al emisario terrestre.

e. Sistema de tratamiento de olores: El proyecto considerará un sistema de desodorización que consistirá en hacer circular la atmósfera interna de la planta de tratamiento físico por una columna de carbón activado, procedimiento que eliminará los gases causantes de malos olores. El volumen considerado se ha dimensionado en consideración al volumen de aire muerto de los módulos de tratamiento y el de la cámara de ingreso.

f. Sistemas de emergencia: El proyecto incorporará un sistema para atender potenciales situaciones de emergencia, proveyendo de los elementos necesarios que permitan continuar con el funcionamiento general del

sistema, mientras se restablece la operación normal de operación. Las situaciones consideradas corresponderán a las siguientes:

f.1. Corte de suministro de energía eléctrica: El proyecto considerará la instalacion y operación de un grupo generador de emergencia con capacidad para absorber la demanda máxima del período punta al año 2025, con autonomía de 48 horas abasteciendo el sistema hasta que se restablezca el servicio eléctrico. El grupo generador deberá estar provisto de un estanque de combustible con autonomía de funcionamiento continuo a lo menos para 48 horas al 100% de carga y un tablero de transferencia automática y tres señales digitales.

f.2. Corte de suministro de energía eléctrica y detención de Grupo Generador: En esta situación, los equipos de tratamiento se detendrán y se accionará la compuerta automática y entrará en operación el by-pass automático. En estas circunstancias, al detenerse el generador (superando el tiempo de autonomía de 48 horas), se detendrán las rejas mecánicas, lo cual provocará el ascenso del nivel y el agua será descargada entonces al emisario terrestre previo paso por las rejas medias y el desarenador, que funcionará en este caso sin aire.

f.3. Sobrecarga del sistema (situación de tormenta): Ante un aumento de caudal afluente a la planta de tratamiento físico, se sobrecargará el sistema de reja fina y comenzará a operar el by-pass interior con reja media de los equipos. Si el caudal afluente superara el máximo permitido del by-pass interior, operará automáticamente el by-pass general de la planta, descrito en puntos anteriores.

f.4. Planta fuera de servicio: En este caso las aguas pasarán a ser tratadas por los equipos en servicio y pasarán al emisario terrestre y al emisario submarino.

3.3. Que, de acuerdo a los antecedentes agregados al expediente de evaluación, el cálculo sanitario del emisario determinó que el sistema tendrá las siguientes dimensiones o características:

- El emisario deberá tener una longitud, medida a partir de la traza del NRS (Nivel de reducción de sonda) de 800 m al centro del difusor.
- La distancia entre la cámara de carga y el NRS debe ser de 120 m.
- El total de cañería de 900 mm PN6 Pecc 100 debe ser de 1.000 m.
- La profundidad de descarga (NRS) debe ser de 87 m
- El difusor deberá tener 4 portas de 0.30 m de diámetro cada una espaciada a 10 m.
- El difusor deberá ser colineal con el emisario.

De acuerdo a este diseño y de acuerdo a la modelación realizada para el emisario proyectado el titular ha declarado que en las circunstancias más desfavorable, condición de viento hacia la costa, la pluma de dispersión en ningún caso llegaría a la línea oceánica de las áreas de manejo existentes ni ingresará a las Bahías de La Herradura y Coquimbo.

Asimismo, en consideración a la normativa ambiental vigente (D.S. N°90/200 de MINSEGPRES), el titular determinó asumiendo la rompiente media mayor de la estación de invierno (Hb =2.40 m) y estimando la pendiente de fondo marino en Punta Tinaja en 8%, que el ancho de la zona de protección litoral para el punto de descarga del emisario submarino será de 100 metros en el sector de Punta Tinaja.

3.4 Que, otros componentes del proyecto, incluidos en el diseño serán:

a. Obras eléctricas: En el recinto se instalará una subestación con transformador de 75 kVA y un grupo generador de 70 kVA (56kW prime) que respaldará los consumos, el cual se instalará en uno de los recintos de la planta. Cada una de las unidades de tratamiento preliminar será controlada por su propio tablero, el cual será puesto en operación por el proveedor del sistema.

b. Empalme y red de media tensión: La línea de media tensión se encuentra aproximadamente a 1.000 metros de distancia de la planta de pretratamiento. Se considera en el proyecto construir una red aérea trifásica en postes de concreto de 11,5 m y conductor de cobre de 16 mm^2. Se estima un número de 12 postes en crucetas de 2 m y un empalme de media tensión para la subestación de 75 kVA, el cual será provisto por la empresa eléctrica local.

c. Alimentadores: Además del alimentador LG1 proveniente del tablero general de fuerza y alumbrado a instalar en el poste de la subestación, desde el tablero del grupo generador se extenderá otro alimentador al mismo tablero de transferencia (LG2). Finalmente desde el tablero de transferencia automática emergerá el alimentador al tablero de distribución de fuerza, alumbrado y comando (LG3) ubicado en el segundo nivel.

d. Filosofía de control: Cada unidad tendrá su propio tablero de control el cual estará provisto en los módulos de pre-tratamiento. El micro P.L.C. de la planta centralizará la información para poder transmitirla a las estaciones receptoras de Aguas del Valle S.A.

El sistema de control de olores operará de acuerdo a la orden proveniente del micro P.L.C. el que determinará su funcionamiento de acuerdo a la señal del sensor de olores.

La válvula motorizada, ubicada en las cercanías de la canaleta Parshall, operará mediante la señal del medidor de caudal de entrada y cerrará cuando se supere un cierto nivel. El control se efectuará mediante un micro controlador lógico programable Telemecanique con módulo Ethernet.

e. Malla de tierra: La instalación dispondrá de una malla de media tensión y otra de baja tensión, procurando mantener una separación entre las partes más cercanas de ellas de al menos 20 metros.

f. Obras de arquitectura y paisajismo: Se construirá un edificio de albañilería reforzada, con techumbre a dos aguas en estructura metálica que cumplirá con las necesidades de espacio del proyecto sanitario. Las unidades de tratamiento estarán dispuestas de tal manera que conformen un solo edificio.

g. Obras anexas: Como obras complementarias a las unidades descritas anteriormente, se consideran oficinas de administración, una sala de control en la cual se ubicarán los tableros de control de los equipos de tratamiento, oficinas, comedores, vestidores, duchas, y baños, las que se ubicarán en el piso superior del edificio.

h. Vialidad interior: Se considerará una vialidad interior de pavimento asfáltico de 3.5 m de ancho provista de soleras en sus bordes, además se habilitarán veredas de hormigón para el tránsito peatonal y se incluirá la señalética necesaria.

3.5 Que, las actividades o acciones que se ejecutarán durante la etapa de construcción del proyecto incluyen:

a. Despeje limpieza de terreno: Involucrará tanto el corte de la maleza, limpieza con maquinaria adecuada, reducción de restos de excavaciones y la disposición final de ellos. El área donde se llevará a cabo esta obra presenta una combinación de terrenos que pueden ser tratados con el uso de maquinaria pesada tipo retroexcavadora, y/o con el uso de herramientas y/o con maquinaria con martillo neumático.

b. Instalación de faena: Esta etapa incluirá el transporte de materiales de construcción, la instalación de servicios higiénicos temporales, para lo cual se contratará una empresa del rubro del servicio de suministro y de mantención de baños químicos. Las dependencias principales, en donde se habilitarán las oficinas para la inspección técnica de la obra (I.T.O.) de acuerdo a los requerimientos de las Bases Técnicas, se ubicarán en un lugar cercano a la faena, y considera los empalmes para los servicios básicos correspondientes de agua, alcantarillado, energía eléctrica y telefonía.

No se considera la existencia de campamentos, sino sólo la instalación de 5 contenedores en un área delimitada en terrenos del titular, en un lugar contiguo al emplazamiento de la planta de tratamiento físico de aguas servidas.

En relación a las instalaciones sanitarias, se considerará:

b.1. Agua Potable: Se instalará una matriz que se conectará a la red pública de acuerdo a la factibilidad y punto de conexión que entregue Aguas del Valle S.A. Esta conexión se realizará en 17 días a contar del inicio del proyecto, mientras tanto la provisión de agua potable para los trabajadores se realizará mediante bidones considerando una dotación de 10 litros/trabajador/día.

b.2. Alcantarillado. La solución para el alcantarillado interior considerará una conexión desde las oficinas hacia la canaleta de entrada, en el punto de factibilidad que se indique. Mientras dure la conexión mencionada (60 días aproximadamente desde el inicio del proyecto) se utilizarán baños químicos provistos por empresa autorizada.

c. Movimiento de tierras: Involucrará la remoción de materiales para la implementación de explanadas, excavación y relleno, para la planta de tratamiento, la cámara de carga y el emisario submarino. El resultado de los cálculo estiman la remoción de aproximadamente 2.108 m^3 en excavaciones en roca en zanja y 130 en la

zona submarina. Los primeros volúmenes serán generados paulatinamente y se dispondrán en recinto habilitado para su disposición transitoria.

d. Excavación y rellenos compactados: El movimiento de tierras incluirá todas las operaciones de limpieza de basuras, escarpe del material orgánico, excavación para fundaciones de estructuras, zanjas y excavación para obras eléctricas, conforme a las especificaciones de ingeniería

e. Excavación en terreno natural: Las excavaciones de grandes volúmenes se ejecutarán en forma mecanizada en las cotas y dimensiones indicadas en los planos, respetando en especial los taludes de proyecto. Los últimos 15 cm sobre las cotas de sello se ejecutarán en forma manual. En las excavaciones de grandes volúmenes se empleará equipo mayor, como excavadora tipo 200 y camiones tolva de 12 m^3 para transporte de material. Para el manejo de acopios si fuere necesario, se empleará cargadores frontales. El manejo de napas eventuales en las excavaciones se hará en base a agotamiento mecánico con bombas de alta eficiencia, conectadas a una red de punteras, enterradas bajo la cota de sello y distribuidas según la demanda de agotamiento, en las plantas se mantendrá un agotamiento puntual en la zona de excavación, mientras que en la instalación de tuberías en zanja se mantendrá un agotamiento dinámico según el avance de excavación.

f. Excavación en roca: Dependiendo de los volúmenes, la excavación en roca se efectuará básicamente con medios mecanizados como martillos neumáticos accionados por compresor o martillos hidráulicos accionados por minicargador. Si la ocasión lo demanda, se hará uso de explosivos, observando estrictamente todas las medidas, precauciones y restricciones impuestas en la normativa vigente de seguridad y resguardo. Para el retiro del material rocoso se empleará el mismo equipo que para la excavación en terreno natural. Los trabajos en los cuales se requiera el empleo de explosivos se concentrarán en los primeros 80 m del emisario. Sólo en casos muy específicos se empleará explosivo en el segundo tramo de 100 m de extensión. En el tercer tramo, se considera el reacomodo de roca, sin el empleo de explosivos. De acuerdo a lo anterior, la superficie máxima afectada al interior de la concesión marítima, comprende 180 m de largo por 2 m de ancho. Las faenas con explosivos dependerán de la fecha de aprobación del estudio. Sin embargo, el proyecto ha considerado no realizar esta actividad durante el período de mayor afluencia turística (verano). El horario en que se realizarán las faenas de remoción de rocas será diurno en días hábiles.

En cuanto a la roca fracturada a partir de las tronaduras en el área intermareal y submareal, ésta será utilizada para rellenar la zanja excavada en roca y el excedente será dispuesto sobre la zanja tapada. A este respecto, y ya que el fondo marino involucrado es una superficie muy irregular, conformado por rocas, éstas serán reubicadas en la misma franja de trabajo, esto es en los primeros 80 m de fondo duro rocoso. El plazo estimado para la ejecución de esta faena es de dos meses.

g. Rellenos: Los materiales de relleno deben estar exentos de materia orgánica, materiales sujetos a descomposición, o disolución, a otros materiales que puedan contener substancias agresivas a las tuberías.

h. Excavación en zanjas: El procedimiento de excavación se inicia con la instalación de niveletas colocadas a cotas exactas para el control de la profundidad, cada 10 a 15 m de distancia. Dadas las profundidades, se excavará con excavadora tipo CAT E-200, y el material se transportará a acopio provisorio o botadero, dependiendo de la calidad. Para evitar el desmoronamiento de los taludes de la zanja debido a la existencia eventual de agua de napa, se mantendrá un sistema de bombeo con punteras desde el inicio de la excavación hasta que los rellenos superen la cota de la napa.

i. Rellenos de zanja: El relleno se ejecutará de acuerdo con las disposiciones pertinentes de SERVIU y/o Vialidad según el sector que corresponda, además de lo señalado en la normativa oficial y las especificaciones técnicas generales de Aguas del Valle S.A. Se aplicará igualmente aquí todo lo señalado en el punto de rellenos.

j. Construcción de obras civiles: El hormigón será de planta, de un proveedor local, en camiones Mixer atendiendo los requerimientos de ingeniería. Cuidados especiales serán tomados para que no se produzca segregación, pérdida o contaminación durante el transporte y se controlará el tiempo de permanencia del hormigón dentro del camión. La operación de limpieza del camión debe ser ejecutada en un lugar adecuado, de manera que no produzca contaminación al medio ambiente o entorno de la obra.

k. Pavimentación: Todos los trabajos de pavimentación se ejecutarán de acuerdo a la normativa e instructivos emanados del SERVIU.

l. Montaje y prueba de equipos: Los equipos serán izados y posicionados en el lugar de instalación con el apoyo de equipos hidráulicos - mecánicos (grúa o excavadora dependiendo de la necesidad), estrobos para amarre y una cuadrilla de montaje. Dentro de la secuencia constructiva éstos se llevarán a cabo preferentemente antes de la colocación de la cubierta del edificio, de manera de contar con espacios de maniobra apropiados para la operación.

m. Abandono de faenas: Esta fase consistirá resumidamente en las labores de retiro y limpieza de los recintos utilizados en el campamento de faena.

n. Construcción de emisario: Su construcción involucrará obras en tierra y obras marítimas. En tierra se construye la cámara de carga y tramo terrestre del emisario. Además, se realizarán todas las faenas de armado del emisario submarino, para su posterior lanzamiento. Las obras marítimas corresponden a las obras de lanzamiento del emisario pre-armado, hundimiento de la cañería y afianzamiento de los muertos de anclaje para fijación de la cañería del emisario en el fondo marino. El armado del emisario en tierra se ha proyectado realizarlo en el sector Punta Tinaja, una vez armado será remolcado vía marítima hasta el sitio donde se anclará al fondo marino.

ñ. Conexión en tierra: Dependiendo de las condiciones de marea, se ejecutará esta faena que considera sacar la nariz de tiro y conectar el tramo de 200 m que estará dispuesto en la zona de intermarea, colgado bajo el muelle con todos sus machones, el que se posicionará sobre el fondo marino con 2 grúas de 100 ton, que se ubican sobre el muelle, dejando la cañería a las cotas predefinidas. El enterramiento se hará considerando el relleno inicial de material de desecho de cantera, colocados exclusivamente por buzos, ya que se está trabajando bajo el NRS. Posteriormente, una vez llegado a alturas de agua que se puedan operar desde tierra, se procederá a desarmar el muelle provisorio y se trabajará desde tierra mediante cuatro retroexcavadoras simultáneamente. En el momento que las obras estén terminadas se interrumpirá el flujo de aguas servidas por la cañería existente, desviándola a la planta de tratamiento físico, por lo que no se interrumpirá el servicio, de tal manera que no se generarán emisiones por otro punto que no sea el emisario submarino.

o. Desarme de estructuras provisorias: Se procederá a desarmar las estructuras provisorias inmediatamente después de conectado el emisario. Junto con las faenas marinas, principalmente ejecutadas por buzos y personal especialista en obras submarinas, se realizarán faenas de retiro de excedentes en camiones tolvas, y el retiro de las estructuras metálicas mediante equipos mayores.

En la etapa de operación y una vez que las obras estén terminadas se interrumpirá el flujo de las aguas servidas por la cañería actualmente existente, desviándola a la planta de tratamiento físico. Por lo tanto, cuando el emisario comience su operación, la antigua descarga de orilla quedará fuera de servicio.

Las acciones consideradas en la operación del proyecto serán: recolección de las aguas servidas, tratamiento preliminar y disposición en el mar, además de labores de mantención e inspección submarina.

En cuanto a los equipos y ya que el sistema es absolutamente modular, lo que permite parar un módulo para realizar una mantención programada o de emergencia sin afectar los parámetros y funcionamiento de la planta. La mantención de este tipo de elementos se realizará normalmente mediante el cambio de piezas que presenten un grado de desgaste significativo.

El emisario en su parte submarina, considerará una inspección submarina audiovisual completa con una periodicidad anual de manera de verificar la hermeticidad de la tubería y el estado de las partes componentes. El video de la inspección y un informe escrito de la misma, se entregará a la COREMA Región de Coquimbo, en tres copias para ser enviadas a la Gobernación Marítima de Coquimbo y a la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Si la situación lo amerita, a partir de la inspección visual se planificarán las acciones de mantención que sean necesarias

El proyecto sólo considerará como cierre las acciones asociadas al final de la etapa de construcción. En cuanto a la operación una vez que el proyecto se aproxime al tiempo estimado de su vida útil, se evaluarán las distintas posibilidades de operación entre ellas: cambio de partes y equipos, reutilización de maquinarias, reventa de excedentes, entre otros.

4. Que, en relación a los efectos, características y circunstancias establecidos en el artículo 11 de la Ley 19.300 y sobre la base de lo informado por los órganos de la administración del Estado que participaron del proceso de evaluación ambiental, de lo contenido en el EIA y sus Adenda, y de los demás antecedentes agregados al

expediente, es posible concluir que se han establecido medidas y condiciones necesarias para hacerse cargo de los referidos efectos, características y circunstancias, de acuerdo a lo siguiente:

4.1. En relación a los efectos, características y circunstancias señalados en la letra a) del artículo 11 de la Ley N°19.300: Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos, el titular implementará las siguientes medidas:

4.1.1. **Medidas propuestas para la etapa de construcción**

4.1.1.1. **Medidas propuestas para el control de las emisiones de gases y material particulado a la atmósfera**:
a. Los motores de los equipos de construcción serán inspeccionados regularmente y mantenidos de forma que se minimicen las emisiones de gases y humos (en los frentes de trabajo).

b. Riego constante, con agua potable, en el sector en que se realice la construcción, particularmente en los frentes de trabajo y en las vías de acceso de las obras.

c. Instalación de malla Raschel en el perímetro de la construcción (en frente de trabajo). La altura de la malla para cumplir efectivamente con el objetivo propuesto, debe ser a lo menos de 4 metros.

d. Recubrimiento tolva de camiones (en los frentes de trabajo durante carga, descarga y transporte).

e. Cubrimiento de acopio de excedentes.

f. Utilización de procesos húmedos en caso de realizar mezcla de materiales (en todo el frente de trabajo).

g. Prohibición de todo tipo de quemas.

h. Corte de materiales mediante equipos que cuenten con sistemas abatimiento de polvo.

i. En las áreas de circulación dentro del recinto de la planta de tratamiento, se colocará una carpeta de rodado de maicillo, con un espesor de 10 cm.

j. Evitar la realización de faenas y depósitos de materiales y elementos de trabajo en el espacio público, excepto aquellas expresamente autorizadas por el Director de Obras Municipales respectivo.

4.1.1.2. **Medidas propuestas para controlar las emisiones de ruido**:
a. Se implementará una mantención de los equipos que asegure emisiones similares al equipo nuevo (en la planta de tratamiento y emisario terrestre).

b. Para el control de ruido, el titular empleará tecnologías con bajos niveles de emisión.

c. El titular seleccionará la maquinaria y los procedimientos constructivos más silenciosos.

d. El titular ejecutará un programa de control de emisiones que considerará: el ruido de maquinarias, el control bimensual de motores; control de horarios de funcionamiento; control de velocidades y frecuencia de tránsito en la obra, respecto de los centros poblados más cercanos.

e. El titular ejecutará un programa de mantenimiento adecuado de maquinarias, con la finalidad de minimizar las emisiones de ruido que generen

f. El titular ejecutará un cierre perimetral que permita atenuar los niveles de ruido.

g. No se efectuarán arreglos de la maquinaria y/o pruebas en el área del proyecto.

h. No se usarán sirenas en la faena que señalen el fin de turnos de trabajo.

i. El titular sólo hará uso de rutas que eviten zonas con actividades sensibles, tales como hospitales, establecimientos educacionales y lugares de culto.

j. El titular implementará acciones tendientes a lograr el involucramiento del personal en el control de ruidos molestos, a través de instrucción respecto a los métodos correctos de trabajo y de uso de equipos y herramientas de conformidad al D.S. N°594/99 del Ministerio de Salud.

k. Se mantendrá apagado el motor de los camiones cuando estén estacionados en la obra.

l. No se realizarán bocinazos y aceleraciones en vacío.

m. Se mantendrán accesos y caminos interiores de la obra lisos, compactados sin badenes ni baches.

n. Realización de mantenciones bimensuales sobre la operación de motores y dispositivos silenciadores, dentro de los parámetros de diseño.

4.1.1.3. **Medidas de manejo de los residuos a generar en la etapa de construcción**

Cuadro N°4: Medidas de manejo de los residuos

Lugar de disposición transitoria y condiciones ambientales	Materiales sobrantes de construcción (estimados en 10 kg/día, y que corresponderán a: despuntes, restos de embalajes, maderas, etc). Residuos domésticos de trabajadores (estimados en 0,5 kg/día). Estos residuos serán dispuestos en forma transitoria en un lugar a 50 m del sector del sector de construcción. Dicho lugar cumplirá con las condiciones ambientales mínimas en cuanto a cierre de instalación, protección contra vectores, etc. indicadas en la normativa ambiental vigente.
Manejo y disposición final	El sector de la Pampilla cuenta con el sistema de recolección de residuos contratado por la I. Municipalidad de Coquimbo, la cual será la encargada de la disposición final de los residuos.
En relación al material árido y al resto de materiales de construcción la empresa contratista encargada de la construcción trabajará mediante un sistema de "contra pedido en obra", lo que minimizará la posibilidad de generar materiales remanentes que puedan catalogarse como residuos.	
En el área de proyecto no se considera un sector destinado a mantención de vehículos o cambios de aceite. Estas actividades se realizarán fuera del lugar de faena, en talleres especialmente acondicionados para estos efectos.	
El trabajo específico de construcción de la planta de tratamiento físico y de la instalación de cañerías de HDPE generará residuos de construcción reutilizables, por lo que serán enviados en su totalidad a las bodegas de la empresa en Santiago, es decir restos de tubos, maderas, hierros y pilotes.	
Los excedentes de la excavación se dispondrán en lugar autorizado.	

4.1.2. **Medidas propuestas para la etapa de operación**

4.1.2.1. **Medidas propuestas para minimizar las emisiones de ruido:**
a. Se proporcionará al tubo de escape del generador de la planta de tratamiento físico, un silenciador de manera de lograr una atenuación mínima de 15 dB(A), asegurando el cumplimiento del D.S. N°146/97.

b. El grupo generador de emergencia, estará provisto de una carcaza super-insonorizada, para atenuar el ruido que emita durante su funcionamiento.

4.1.2.2. **Medidas de manejo de los residuos a generar en la etapa de operación**

Cuadro N°5: Medidas de manejo de los residuos

Se acordará el retiro de los residuos sólidos generados en las oficinas de la faena, con el prestador del servicio a la I. Municipalidad de Coquimbo. Estos residuos se mantendrán en tambores señalizados.
El carbón activado de la planta desodorizadora se cambiará cada 3 años, su disposición será en vertedero autorizado.
Los residuos sólidos generados por las rejas gruesas y finas corresponden principalmente a residuos orgánicos (restos animales y vegetales); materiales desechables (papel higiénico, pañales, ropas, maderas, etc.) y otros materiales tales como plásticos, vidrios, etc. Respecto al manejo de estos residuos, una vez separados de las aguas servidas y debidamente prensados y lavados, serán depositados en forma automática en contenedores de plástico de capacidad de 360 litros, del tipo Pesco Helesi de 2 ruedas, según norma europea. Serán dispuestos en contenedores que serán movilizados hacia el exterior por el portón de acceso.
El servicio de retiro y disposición, contempla una frecuencia de tres veces a la semana. Por cada viaje hacia vertedero, se espera disponer un volumen de 400 a 700 litros. El lugar para la disposición final de los residuos será un vertedero autorizado.
Respecto al retiro y traslado de los residuos sólidos, una vez aprobado el proyecto, Aguas del Valle realizará una licitación para la contratación de una empresa autorizada por la Autoridad Sanitaria para la realización de dicha actividad.
Las condiciones que tendrá la licitación para la contratación de la empresa que efectúe el manejo, transporte y disposición final de estos residuos, las fijará basada en las políticas de orden administrativo que al respecto tiene fijada la Gerencia General y/o Directorio de la Empresa debiendo cumplir con los requisitos que la autoridad ambiental y sanitaria exija, y sean contratistas autorizados para los efectos de esa licitación.

4.1.3. **Medidas propuestas para minimizar las molestias a la población local:**
El titular implementará un Plan de Gestión Ambiental (PGA) que incorporará las medidas indicadas en el capítulo 6 del EIA y las señaladas en el presente Informe Consolidado de Evaluación del proyecto. Este plan deberá ser ejecutado en forma previa a la realización de las obras y deberá incorporar todas aquellas medidas que minimicen los efectos ambientales y molestias sobre la población local en todos los frentes de trabajo. Asimismo el plan de gestión considerará la sistematización de las obligaciones ambientales para la etapa de construcción emanadas de la presente Resolución de Calificación Ambiental. Los contenidos mínimos que tendrá el Plan, serán:
- Introducción
- Objetivos
- Medidas ambientales por componente
- Frecuencia de mediciones
- Sistema de información ambiental
- Relaciones con la comunidad
- Responsables
- Resolución de impactos ambientales no previstos (las formas de resolución deben ser coordinadas previamente con los organismos correspondientes).

Este Plan deberá ser puesto en práctica por la empresa que se adjudique la licitación del proyecto, la que deberá enviar informes mensuales a la COREMA Región de Coquimbo, de manera de fiscalizar el cumplimiento de las medidas ambientales comprometidas en el proyecto.

Considerando las medidas establecidas en el Plan de Medidas de Mitigación y el Plan de Seguimiento presentados por el titular, sobre la base de los pronunciamientos de los órganos de la administración del Estado con competencia ambiental, puede indicarse que aquellas se consideran adecuadas para hacerse cargo de los efectos del proyecto.

4.2. Con relación a los efectos características o circunstancias señalados en la letra b) del artículo 11 de la Ley 19.300: efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire, es posible indicar que las siguientes medidas propuestas por el titular son adecuadas para hacerse cargo de dichos efectos.

4.2.1. **Medidas propuestas para minimizar alteraciones al suelo:**
Se intervendrá una superficie mínima de suelos con el fin de evitar mayores pérdidas.

4.2.2. **Medidas propuestas para hacerse cargo de efectos sobre el fondo marino, comunidades bentónicas y la calidad del agua de mar:**
a. Para reducir el impacto las actividades de remoción de fondo serán restringidas sólo a la franja de emplazamiento del emisario.

b. Con relación a la calidad del agua, está asociada a las faenas realizadas en la columna de agua, como emplazamiento de la cañería. Este impacto es temporal y será mitigado evitando afectar zonas mayores a las solicitadas. Además se impondrá la mantención adecuada de los equipos y maquinarias que estén en contacto con el agua de manera de evitar derrames de residuos líquidos e hidrocarburos.

c. Como medida de mitigación las obras se limitarán al área de emplazamiento de la cañería, disminuyendo así el área afectada.

4.2.3. **Medidas propuestas para minimizar alteraciones a la vegetación y fauna terrestre:**
a. Se capacitará al personal de obra de manera que no generen daños sobre la fauna local y aquella que eventualmente se desplace por efectos de la actividad productiva.

b. Mínima intervención de la superficie de suelos de manera de evitar mayores afecciones sobre el hábitat, en particular para las especies de Homonota gaudichaudi, Liolaemus kuhlmanni, Liolaemus fuscus y Liolaemus plateitenuis, las dos primeras en categoría de conservación vulnerable.

c. Se instalará señalética indicativa sobre la flora presente en el lugar, así como señalética para la protección de la fauna y se mantendrá el sector libre de basuras.

d. Se realizarán capacitaciones al personal que ejecutará las obras en relación al cuidado del medio ambiente: protección de flora y fauna, manejo adecuado de residuos, entre otros. Estas capacitaciones deberán ser informadas en forma mensual a la COREMA Región de Coquimbo, una vez que se inicie el proyecto.

4.2.4. **Medidas propuestas para reducir la alteración de la calidad del agua de mar:**
Las medidas de mitigación para minimizar el impacto en el medio receptor han sido incorporadas al diseño de emisario submarino, estas corresponderán a la longitud del emisario y profundidad de descarga. Se dará cumplimiento al D.S. N°90/2000 del MINSEGPRES, "Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales."

4.3. En relación a los efectos, características y circunstancias señalados en la letra c) del artículo 11 de la Ley N°19.300: Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, es posible señalar que el proyecto no involucra la alteración de aquellos elementos.

4.4. En relación a los efectos, características y circunstancias señalados en la letra d) del artículo 11 de la Ley N°19.300: Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar, es posible indicar que el proyecto no genera dichos efectos.

4.5. En relación a los efectos, características y circunstancias señalados en la letra e) del artículo 11 de la Ley N°19.300: Alteración significativa, en términos de magnitud o duración del valor paisajístico o turístico de una zona, es posible indicar que el proyecto no afectará zonas o centros de interés turístico nacional, protegidos mediante el DL N°1.224/75, sin embargo el titular llevará acabo las siguientes medidas:

4.5.1. **Medidas propuestas para minimizar la alteración a la calidad visual, al paisaje y estética:**
a. Para evitar la generación de impactos negativos sobre este componente ambiental, se instalarán las faenas de trabajo en las zonas de menor incidencia visual indicadas en la Línea Base.

b. Limpieza de las áreas de construcción.

c. Restauración de vegetación y elementos intervenidos y/o alterados.

d. El borde del área construida estará atenuada con los elementos propios del lugar es decir vegetación y/o rocas existentes.

e. Una vez terminadas las faenas se restaurará la estructura original del área interven da.

4.6. En relación a los efectos, características y circunstancias señalados en la letra f) del artículo 11 de la Ley N°19.300: Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural, es posible indicar que el titular ha acreditado que en el área del proyecto o sus alrededores no existe ningún monumento nacional protegido por la Ley 17.288 Tampoco existen lugares o sitios donde se lleven a cabo manifestaciones propias de la cultura o folclore de algún pueblo, comunidad o grupo humano, susceptibles de verse afectadas por el proyecto, así como evidencias de recursos arqueológicos, antropológicos, arqueológicos o históricos.

5. Que, el titular ha propuesto la implementación del siguiente Plan de Prevención de Riesgos, el cual ejecutará junto con una inspección técnica durante la ejecución de las obras de la etapa de construcción y también durante la operación, asegurando la adecuada mantención de las características físicas y ambientales del proyecto.

5.1. **Plan de Prevención de riesgos durante la etapa de construcción del proyecto**

a. **Riesgos por derrames de materiales peligrosos**

- Para la ejecución del proyecto, eventualmente será necesario transportar al área de faena algunos materiales potencialmente peligrosos, tales como combustibles del tipo gasolina, petróleo, aceite para maquinarias, entre otros.

- El transporte de líquidos, tales como combustibles y otros que se puedan requerir en faenas se regirán por las disposiciones de la legislación vigente.

- Se llevará un registro en obra que permita cuantificar las cantidades recibidas, utilizadas y en stock. Asimismo, el transportista llevará un registro de las cantidades que transporta.

- El proyecto proveerá todos los recursos que aseguren un transporte adecuado para este tipo de insumos. A su vez, los caminos de acceso a las obras contarán con una señalización clara y visible tanto para el día como para la noche.

b. **Riesgos por manipulación de explosivos.**

Respecto al transporte de explosivos, sólo se transportará la cantidad necesaria a utilizar, de esta manera no se almacenarán en el frente de trabajo y el transporte será de acuerdo a la normativa vigente.

5.2. **Plan de Prevención de riesgos durante la etapa de operación del proyecto**

Se han identificado los siguientes riesgos de accidentes y riesgos ambientales durante la etapa de operación del proyecto: Riesgos por incendios y riesgos por eventos naturales.

Para el desarrollo del Plan de Prevención de Riesgos durante la operación del proyecto, se considerarán los siguientes estándares mínimos de seguridad:

a. Proteger en primer lugar a las personas y en segundo lugar el medio ambiente; es decir, deberá tener la capacidad de mantener a la comunidad segura de riesgos actuales o potenciales.

b. Proteger cada uno de los elementos ambientales identificados en el desarrollo de este estudio.

c. Disposición de personal, equipos, herramientas y materiales necesarios en el sitio afectado por una emergencia.

d. Mantener una estrecha comunicación y coordinación con las autoridades competentes de bomberos, carabineros y de otros servicios públicos, de manera de obtener recursos y un conocimiento actualizado de las responsabilidades de cada organización, en caso que tuviese que responder ante una emergencia y coordinar asistencia mutua en la respuesta a dicha emergencia.

5.3. **Medidas de control de accidentes:**

El titular ha propuesto la implementación del siguiente Plan de Control de Accidentes como acciones complementarias al control de los riesgos sobre la población:

Cuadro N°6: Plan de Control de Accidentes para la etapa de construcción

PLAN DE CONTROL DE ACCIDENTES PARA ETAPA DE CONSTRUCCION	
RIESGOS Y ACCIDENTES	**ACCIÓN**
Derrame de sustancias peligrosas por transporte	El supervisor correspondiente deberá trasladar al lugar del accidente todos los equipos y maquinarias que permitan limpiar el derrame, en forma rápida y segura para los trabajadores y el medio ambiente, una vez que Carabineros lo autorice. Llamar a bomberos y otras instituciones previamente definidas, si fuese necesario, quienes podrán ayudar a enfrentar la contingencia. Si el derrame ha afectado algún curso o masa de agua, deberá diseñarse un plan de monitoreo de contingencia, a fin de revisar la calidad de las aguas a futuro. Aguas del Valle S.A. comunicará en forma inmediata el suceso y las medidas adoptadas a la Autoridad Ambiental Regional y organismos competentes.
Derrame de sustancias peligrosas por almacenamiento	Si el derrame es menor - menos de un tambor - se procederá a: Utilizar los elementos de contención de derrames pequeños - tapones - a fin de detener el vertimiento del producto. Se avisará al Supervisor correspondiente de la obra, quién determinará las acciones a seguir para limpiar el área afectada. Si existe un derrame hacia algún curso o masa de agua se deberá diseñar un plan de monitoreo de contingencia, a fin de revisar la calidad de las aguas a futuro. Se mantendrá un registro - ficha - indicando la información mínima que permita dimensionar el derrame producido. El supervisor comunicará a Aguas del Valle S.A semanalmente, y a la Inspección Técnica, respecto de la estadística de estos derrames. Si el derrame es mayor - más de un tambor - Se aplicará el plan para derrames menores, aunque previamente se verificará si hay personas que se hayan visto afectadas por el derrame o trabajadores que hayan estado laborando en el área del accidente. Si es así, se procederá a utilizar los elementos apropiados para resguardar primero la vida y salud de dichas personas. El supervisor de la obra determinará la necesidad de requerir servicios externos para contener el derrame (bomberos, carabineros, contratistas, etc.)
Incendio en áreas de faenas	Se organizará el equipo previamente entrenado para estos efectos. El supervisor de obra deberá decidir si es necesario solicitar la ayuda de servicios externos para detener el fuego (bomberos). Se registrará el accidente y se avisará de inmediato a Aguas del Valle S.A.
Accidentes de trabajadores	Se dará atención de primeros auxilios en el área del accidente. Si el accidente es mayor, se trasladará al herido hasta el centro asistencial más cercano. Se dará el aviso correspondiente a la Mutual de Seguridad. Se registrará el accidente en forma apropiada y se avisará a Aguas del Valle S.A.

Cuadro N°7: Plan de control de accidentes para la etapa de operación

PLAN DE CONTROL DE ACCIDENTES PARA ETAPA DE OPERACIÓN
Este plan se relacionará principalmente con la eventual descarga de aguas servidas sin tratamiento al emisario. Lo anterior debido a que la capacidad de la Planta de Tratamiento pueda ser superada con un aumento de caudal debido al incremento de aguas lluvias en la zona. Si bien la contingencia anteriormente descrita corresponde a una práctica usada con frecuencia en la actualidad, en este proyecto la situación será manejada como un hecho puntual. Ante falla eléctrica se cuenta con un grupo electrógeno de emergencia para respaldar el funcionamiento de los equipos. Ante la eventualidad de rotura del emisario submarino de Coquimbo, se adoptará el siguiente Plan de Contingencia y de Monitoreo Marino para controlar la emergencia y hacer un seguimiento del impacto de la misma: **Información a la Autoridad:** Dentro de las 24 horas de detectada una emergencia por rotura del emisario, se informará de la situación a la CONAMA Región de Coquimbo, a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, a la SEREMI de Salud Región de Coquimbo y a la Gobernación Marítima de Coquimbo. **Reparación del emisario submarino:** Simultáneamente con la información a las autoridades, se programará la reparación del emisario para lo cuál se contará con una abrazadera en bodega para su colocación inmediata. **Monitoreo marino:** Detectada la emergencia por rotura del emisario, se realizará un programa de monitoreo marino que contemplará las siguientes actividades, sin perjuicio de otras actividades que se puedan coordinar con la autoridad: A partir de la fecha en que se detecte la emergencia, se tomarán muestras costeras con una periodicidad diaria, para monitorear el grado de contaminación de coliformes fecales, sólidos suspendidos, aceites y grasas. Las muestras costeras se tomarán, respecto del eje del emisario, hacia el Norte, a distancias de 100m, 200m, 300m 500m, 1.000m y 2.000m y hacia el Sur a distancias de 100m., 200m, 300m, y 500m. La toma de muestras costeras se prolongará hasta por 10 días después de reparado el emisario y superada la emergencia Los resultados del Monitoreo Marino serán informados a las autoridades una vez que se tengan los resultados. En conjunto con la autoridad ambiental se determinarán e implementarán las medidas de mitigación en el caso que corresponda.

6. Que, el titular llevará a cabo el siguiente plan de seguimiento ambiental:

6.1. **Plan de seguimiento ambiental para la etapa de construcción**

6.1.1. **Monitoreo de ruido durante la construcción**

a. Se realizará una ronda inspectiva en los lugares residenciales existentes dentro de un área de 1 km, identificando aquellos que se encuentren más expuestos al ruido generado por la construcción del proyecto.

b. Se medirá el NPC (Nivel de Presión Sonora Corregido) de acuerdo al procedimiento establecido por el D.S.146/97.

c. Dicho monitoreo deberá efectuarse de manera quincenal los dos primeros meses y mensual los restantes meses que dure la construcción del proyecto.

d. Los resultados de dichas mediciones deberán ser presentadas a la Autoridad Sanitaria una vez obtenidos los resultados.

e. Los puntos a monitorear se indican a continuación:

Cuadro N°8: Puntos de monitoreo de niveles de ruido

Punto	Descripción
A	Calles Alcalde con Bravo
B	Calles Vista al Mar con Buen Pastor

6.1.2. **Monitoreo de geomorfología**

De manera de evaluar la efectividad de las medidas implementadas se propone realizar una inspección por parte de un profesional capacitado, el cual emitirá un informe sobre la generación de eventuales procesos erosivos en el sector.

Durante la etapa de construcción esta inspección se reflejara en dos visitas del profesional capacitado: una previa a la iniciación de actividades y otra una vez finalizada la etapa de construcción.

El informe deberá ser remitido a la COREMA Región de Coquimbo, en dos copias, para ser enviada al Servicio Agrícola y Ganadero Región de Coquimbo para su revisión.

6.1.3. **Monitoreo del Medio Biótico**

a. **Estudio de comunidades bentónicas:**

Comunidades intermareal, se realizarán 6 transectos en la zona de estudio. La ubicación de los transectos serán las mismas realizadas en la línea base. Para el levantamiento del intermareal estos comenzarán en el límite de más alta marea. Se realizaran análisis de abundancia, biomasa, diversidad, uniformidad específica y riqueza específica. Se monitorearán 6 estaciones en cada transecto intermareal.

Para el levantamiento de las comunidades submareales se realizarán 6 estaciones. Se realizarán análisis de abundancia, biomasa, curvas ABC, diversidad, uniformidad específica, riqueza específica, escalamiento no métrico y multidimensional. Se realizará un monitoreo coincidente con el periodo de construcción.

El informe de estas mediciones deberá ser enviados a COREMA Región de Coquimbo en 4 copias con la finalidad de ser remitidas a Gobernación Marítima de Coquimbo, SERNAPESCA y Subsecretaría de Pesca.

6.1.4 **Monitoreo de Sistemas de Control**

a.Control de residuos y escombros.

Se implementarán los siguientes controles:

Control de los residuos generados (tipo, volumen, etc.), mediante una ficha de control diario

Registro de las boletas emitidas por el lugar de disposición de residuos, cada vez que se realiza esta acción, de manera de garantizar que estos sean dispuestos en lugar autorizado.

b. Control de posibles vertidos líquidos y lavado de equipos

Se evaluará en forma periódica el procedimiento establecido para el sistema de vigilancia y saneamiento en los lugares de trabajo.

Las instalaciones de faenas no podrán verter sus residuos líquidos al suelo y/o al agua, a fin de evitar percolación hacia napas subterráneas, de acuerdo a lo que establece la Ley N°19.821, y el D.F.L. N°382/88, Ley General de Servicios Sanitarios.

c. Sistema de regadío de vías durante la faena.

Se supervisará el procedimiento para mantener húmedas las vías de circulación y los frentes de trabajo en donde se pueda levantar polvo.

d. Control de las condiciones de operación de máquinas y vehículos destinados al transporte de materiales y excedentes.

Se supervisarán las condiciones de mantención de maquinarias y vehículos destinados al transporte de materiales y excedentes. Asimismo, se controlarán las condiciones de dicho transporte, verificando que se utilicen vehículos adecuados y debidamente encarpados y equipados para tal fin.

e. Cuidado de áreas aledañas a frente de trabajo.

Se supervisarán las obras, de forma tal de no alterar la calidad de las áreas circundantes a las faenas, cuando ello sea procedente.

f. Vigilancia y ordenamiento de los productos en las áreas de bodegaje.

Las condiciones de almacenamiento de productos en las áreas de bodegaje serán controladas y supervisadas, en conformidad con las exigencias establecidas por la Autoridad Sanitaria.

6.2. **Plan de seguimiento ambiental propuesto para la etapa de operación**
Durante la etapa de operación del proyecto, la gestión ambiental estará orientada al seguimiento de las variables ambientales correspondientes a la operación del proyecto y a las obras de mantención de ésta. Para este efecto se llevará a cabo un monitoreo de la información sobre una serie de parámetros, verificando:

Cumplimiento de las medidas de mitigación de impactos definidas por Estudio (Capítulo 6 del Estudio y en el Informe Consolidado de Evaluación) aplicables durante la operación del proyecto.

Cumplimiento con el Plan de Seguimiento Ambiental indicado por el Estudio y en el Informe Consolidado de Evaluación.

6.2.1. **Monitoreo medio marino**

a. Columna de agua:
Se realizarán campañas de monitoreo trimestral durante los dos primeros años de operación de la planta, luego de los cuales frecuencia podrá ser redefinida de acuerdo a los resultados obtenidos, previa autorización de COREMA Región de Coquimbo.

Se propone realizar a lo menos 7 estaciones de monitoreo, 3 de ellas en la futura zona de descarga, 3 dentro de la zona de protección litoral y finalmente una estación de control fuera del área de influencia de la pluma del emisario. La ubicación será acordada previamente al inicio de la operación con la Gobernación Marítima Región de Coquimbo y el Servicio Nacional de Pesca Región de Coquimbo.

Se tomarán muestras al menos en dos profundidades: superficie y 15 m, los parámetros a monitorear serán: temperatura, salinidad, aceites, grasas y coliformes fecales y totales.

Los informes de estas mediciones deberán ser enviados a COREMA Región de Coquimbo en 4 copias con la finalidad de ser remitidas a Gobernación Marítima de Coquimbo, SERNAPESCA Región de Coquimbo y Subsecretaría de Pesca.

b. Estudio de sedimentos:
Se realizarán 6 estaciones ubicadas en las mismas estaciones de comunidades submareal, en cada una de ellas se medirá: Granulometría, Orgánicos (COT).

La frecuencia será semestral durante los dos primeros años de operación, la frecuencia podrá ser redefinida los cuales frecuencia podrá ser redefinida de acuerdo a los resultados obtenidos, prev a autorización de COREMA Región de Coquimbo.

Los muestreos se realizarán de acuerdo a la Guía Metodológica de la DIRECTEMAR.

El informe de estas mediciones deberán ser enviados a la COREMA Región de Coquimbo en 4 copias con la finalidad de ser remitidas a Gobernación Marítima de Coquimbo, SERNAPESCA Región de Coquimbo y Subsecretaría de Pesca.

c. Estudio de corrientes:
Se realizarán estudios de correntometría lagrangiana, para ello se utilizarán derivadores a 0 y 15 m, mediciones que se realizarán en las dos fases de la marea, paralelamente a este estudio se medirán vientos y marea. La frecuencia será semestral durante los dos primeros años de operación, la frecuencia podrá ser redefinida de acuerdo a los resultados obtenidos, previa autorización de la COREMA Región de Coquimbo.

El informe de estas mediciones deberán ser enviados a la COREMA Región de Coquimbo en 4 copias con la finalidad de ser remitidas a Gobernación Marítima de Coquimbo, SERNAPESCA Región de Coquimbo y Subsecretaría de Pesca.

6.2.2. **Monitoreo Medio Biótico**

a. Estudio de comunidades bentónicas:
Comunidades intermareal, se realizarán seis transectos en la zona de estudio, la ubicación de los transectos será las mismas realizadas en la línea base. Para el levantamiento del intermareal, estos comenzarán en el limite de más alta marea. Se realizarán análisis de abundancia, biomasa, diversidad, uniformidad específica y riqueza específica. La frecuencia de monitoreo será semestral durante los dos primeros años de operación,

posteriormente la frecuencia podrá ser redefinida de acuerdo a los resultados obtenidos, previa autorización de la COREMA Región de Coquimbo.

Para el levantamiento de las comunidades submareales se realizarán 6 estaciones. Se realizaran análisis de abundancia, biomasa, curvas ABC; diversidad, uniformidad específica, riqueza específica, escalamiento no métrico y multidimensional. La frecuencia de monitoreo será semestral durante los dos primeros años de operación, posteriormente la frecuencia la frecuencia podrá ser redefinida de acuerdo a los resultados obtenidos, previa autorización de la COREMA Región de Coquimbo.

Los informes de estas mediciones deberán ser enviados a la COREMA Región de Coquimbo en 4 copias con la finalidad de ser remitidas a Gobernación Marítima de Coquimbo, SERNAPESCA y Subsecretaría de Pesca.

6.2.3. **Monitoreo de Ruido**

Durante la fase de puesta en marcha y marcha blanca se realizarán mediciones de ruido en los receptores más cercanos (3 puntos), se mantendrán los puntos monitoreados durante la línea base.

Luego de la marcha blanca el titular deberá realizar una medición anual en los receptores más cercanos.

Los resultados de dichas mediciones deberán ser presentados a la Autoridad Sanitaria una vez obtenidos.

6.2.4. **Monitoreo del efluente**

El titular realizará un monitoreo de las aguas servidas tratadas. Se tomará una muestra de la cámara de muestreo, la cual se localiza dentro de la planta de tratamiento físico. La frecuencia de muestreo será según el caudal y se realizará de acuerdo a lo estipulado en la normativa vigente D.S. 90/00, los parámetros a monitorear serán: Aceites y grasas; Caudal (1300 - 1500); DBO5; DQO; Fenoles; Coliformes Fecales; SST; Hidrocarburos Totales; pH y Detergentes (SAAM).

La entrega de los resultados de estas mediciones deberá ser presentada a la COREMA Región de Coquimbo en 4 copias con la finalidad de ser remitidos a Gobernación Marítima de Coquimbo, SEREMI de Salud y SERNAPESCA.

Sin perjuicio de lo anterior, la Superintendencia de Servicios Sanitarios ha informado que el programa de autocontrol al efluente, que dicha autoridad solicitará a la empresa, antes que entre en operación el sistema de tratamiento, será el que se indica en la siguiente tabla y que se aplicará de acuerdo al caudal generado:

Cuadro N°9: Programa de autocontrol que solicitará
la Superintendencia de Servicios Sanitarios

Punto de muestreo	Parámetros	Muestreo	Frecuencia (N°/mes)		
			<570 m^3/h	570-2280 m^3/h	>2280 m^3/h
Efluente (salida del pretratamiento)	DBO(*)	Compuesto	2	3	4
	SST	Compuesto	2	3	4
	SC	Compuesto	2	3	4
	Ay G	Compuesto	2	3	4
	HT	Compuesto	2	3	4
	SAAM	Compuesto	2	3	4
	pH	Puntual	2	3	4
	T°	Puntual	2	3	4
	CF	Puntual	2	3	4
	Q medio		1	1	1
	VDM (m^3/mes)	Acumulativo	1	1	1
	Q máximo diario	Diario	1	1	1
Playas (*)	CF	Puntual	1	2	3
Emisario (**)	Informe y Filmación		Definido por DIRECTEMAR		

Variables operacionales	Unidad	Frecuencia
Consumo de energía y/o combustible	Kwh ltrs.	Mensual
Generación de residuos (***)	m^3	Mensual
Consumo de polímero	Ltr. – Kg.	Mensual

NOTA:

(*) las playas monitoreadas corresponderán a las existentes en el litoral de la superficie geográfica del área de cobertura del sistema, con un mínimo de distancia de 2 km desde orilla del punto de descarga. El objetivo de este autocontrol, es evaluar la correcta operación y conexión de los colectores que conducen las aguas servidas hasta el sistema de tratamiento y disposición.

(**)Actualmente la DIRECTEMAR solicita la ejecución de Pruebas de Hermeticidad de los emisarios submarinos, a objeto de evaluar eventuales fugas. De esta forma, el autocontrol considera el envío a la SISS copia del informe y respectiva filmación.

(***)En relación al volumen de residuos generados, para el caso de PTAS del tipo lodos activados, éstos deben corresponder exclusivamente al lodo biológico generado después de la etapa de deshidratación, sin considerar pretratamiento; para los otros tipos de sistemas (emisario submarinos, lagunas y otros), corresponden a la totalidad de residuos generados en la etapa de pretratamiento, y a ser dispuestos en vertedero.

6 2.5. **Otros Monitoreos**

Se tomarán muestras de calidad de aguas en 4 ejes, uno longitudinal al emisario y sobre él, otro en un eje transversal ubicado al centro del difusor, un tercero a 45° del eje longitudinal y el cuarto a 135° del mismo eje. Las muestras se tomarán en el eje longitudinal en el centro del difusor, a 100 m, a 300 m, a 500 m, a 800 m de dicho centro y a una distancia medida desde de la orilla igual a la línea oceánica del área de manejo y por último en el borde costero. En los ejes transversal, eje a 45° y eje a 135° se tomarán a 100 m del centro del difusor, a 300 m, a 500 m y a 800 m de dicho centro.

Este muestreo se realizará durante el primer año de operación en cada una de las estaciones del año y se confeccionará las curvas de isoconcentración de coliformes fecales en torno al emisario y se demostrará que la influencia de la descarga de aguas servidas tratadas por el emisario submarino de Coquimbo en las áreas de manejo existentes a la fecha siempre será igual o menor a un NMP de 14 coliformes fecales/100ml.

Para los años siguientes el muestreo se realizará una vez al año, previa autorización de la COREMA Región de Coquimbo, en fecha conjunta con la revisión visual del emisario submarino.

El titular deberá presentar el informe obtenido, luego de cada medición, a COREMA Región de Coquimbo en 4 copias para ser remitidas a SEREMI de Salud, SERNAPESCA y Gobernación Marítima.

Que, sin perjuicio del considerando anterior, el titular deberá cumplir con las siguientes condiciones establecidas por esta Comisión durante la ejecución del proyecto:

a. El titular en forma previa o durante la etapa de construcción del emisario (primer año de RCA) deberá completar la Línea de Base Oceanográfica, incluyendo dos campañas de monitoreo oceanográficas, y deberá considerar dicha información en una nueva modelación del emisario, que deberá ser presentada a esta Comisión. Lo anterior se sustenta en las diferentes direcciones y velocidades de corrientes que se encuentran en la columna de agua durante el año y la cercanía a la entrada de Bahía La Herradura.

b. Durante la etapa de operación del emisario, el titular deberá realizar pruebas con rodamina u otro indicador que permita comprobar la dispersión modelada en el EIA.

c. Asimismo durante la etapa de operación el titular deberá monitorear la calidad del agua a diferentes distancias de la descarga, lo anterior también como medio de verificación de las estimaciones realizadas con el modelo de plume Roots. El monitoreo se encuentra descrito en el numeral 6.2.5 de la presente Resolución y deberá realizarse por un espacio temporal de tres años, en cada una de las estaciones del año, al cabo de los cuales, previo análisis de la información recolectada, podrá solicitar a la COREMA Región de Coquimbo el levantamiento de esta exigencia. De comprobarse que la operación no se ajusta a las predicciones hechas con el modelo, se deberá actuar conforme a las disposiciones del considerando 14 de la presente resolución, para que el titular cumpla los compromisos adquiridos en el EIA y sus Adenda.

d. En Adenda 2 el titular se comprometió voluntariamente a una concentración máxima de 14 NMP colifecales/100 ml, en las áreas de manejo existentes actualmente. Al respecto, se ha de indicar que para sostener dicho compromiso el titular deberá monitorear, en forma previa a la construcción del emisario y posteriormente durante la etapa de construcción, la calidad de agua existente en la litoral adyacente al emisario, en las áreas de manejo y frente a la bocatoma del hatchery más cercano al emisario (sur de La Herradura). Dicha información permitirá evaluar las condiciones con y sin proyecto, junto con verificar el cumplimiento de este compromiso.

e. El titular deberá entregar, previo a la construcción del proyecto, los antecedentes del sector de almacenamiento, manejo, transporte y disposición de final de los residuos generados en la etapa de construcción y de los residuos generados en la etapa de operación de los dispositivos de separación de flotantes y sólidos suspendidos, entregando además las medidas que se implementarán para minimizar los efectos ambientales.

8. Que, el titular deberá dar cumplimiento, entre otras, a la siguiente normativa:

- D.L. N°2.222/78, Ley de Navegación y D.S. (M) N°1/92, Reglamento para el control de la contaminación acuática. La descarga del emisario cumplirá con la Tabla N°5 del D.S. N°90/2000 del MINSEGPRES que establece los límites máximos de concentración para descarga de residuos fuera de la zona de protección litoral.
- Ley N°18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura.
- D.S. N°1/1192, Reglamento para el control de la contaminación acuática.
- NCh. 1.333 Of.78, Requisitos de calidad del agua para diferentes usos, declarada oficial por D.S. N°867/78 del MOP.
- D.S. N°146/97 Norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas, del MINSEGPRES.
- D.S. N°75/87 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, artículo 3° respecto de los camiones que transporten material dentro de las zonas urbanas deberían ir cubiertos con lona o similar.
- D.S. N°298/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, reglamenta las condiciones, normas y procedimientos aplicables al transporte de carga.
- Ley N°17.288/70 del Ministerio de Educación, Ley sobre Monumentos Nacionales.
- D.S. N°144/61 Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza.
- Ley N°3557/80, Ley de Protección Agrícola, en su art. 11 establece la protección de las explotaciones silvoagropecuarias, recursos naturales y vida silvestre, de la contaminación por residuos líquidos, sólidos y contaminantes atmosféricos.
- D.S. N°594/00 Reglamento sobre las Condiciones Sanitarias y Ambientales básicas en los lugares de trabajo.

9. Que, al proyecto le son aplicables los permisos ambientales sectoriales descritos en los artículos 73 y 91 del Título VII del D.S. N° 95/ N°95/01 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y que se cumple con los requisitos para su otorgamiento, de acuerdo a los antecedentes agregados al expediente de evaluación respectivo.

10. Que, en relación a las observaciones ciudadanas presentadas por las personas indicadas previamente en el numeral 4 de los vistos de la presente Resolución, esta Comisión las ha ponderado en la calificación ambiental del proyecto, de la siguiente forma:

10.1. La observación presentada por el Sr. Julio Silva Sáez, domiciliado en calle Australia N°1106, Las Encinas, San Juan, Coquimbo:

"*Existen NORMAS INTERNACIONALES, suscritas por nuestro país las que deben ser respetadas íntegramente por respeto a la población; sus DD.HH.", argumentando que: "PROYECTO INCOMPLETO; fragmentado en su enunciado y engañoso en sus propósitos. Una Planta de tratamiento de aguas servidas devuelve a la natura limpia al 97%, para ser reutilizadas al 100% van a la industria alimenticia. En cuanto a los sólidos, vienen incinerados y así son alimentos para los criaderos de gusanos quienes lo transforman en HUMUS. En todo este proceso se produce plusvalía lo que reduce costos; beneficio para los pobladores*".

Ponderación:
Esta Comisión señala que se evaluó el proyecto presentado por el titular y no otras alternativas que puedan dar cuenta de la solución al tratamiento de aguas servidas. No obstante, y de acuerdo a lo señalado en el EIA, sus Adenda y el Informe Consolidado de Evaluación, el proyecto cumple con la normativa ambiental aplicable por lo cual se asegura que el sistema propuesto se hace cargo de los impactos ambientales significativos y no debiera afectar la calidad de las aguas del medio marino, fuera del área de sacrificio.

10.2. La observación presentada por el Sr. Juan Trigo Valenzuela, domiciliado en Diego de Almagro 1022, Las Encinas, Coquimbo:

"La participación ciudadana es mínima a un proyecto que ya tiene fecha de ejecución: Diciembre. Lo que digamos o lo que hagamos carece de importancia. La planta es chica 945m^2; nos cobraban anteriormente tratamientos de agua servidas y no era así; capítulo N°2 dice: " las aguas que llegan actualmente al emisario son 90% de plantas elevadoras y 10% de gravedad". ¿Quién nos devuelve esos aportes que por años pagamos?
Tratado de estudio de impacto ambiental – Anexos
"Coquimbo: Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Emisario Submarino" Aguas del Valle-Agosto 2005-11-22
Televisión Nacional : "subirán las cuentas de agua en un 6% para financiar planta de tratamiento".

Ponderación:
Esta Comisión señala que la participación ciudadana en el proceso de evaluación de impacto ambiental está regulada por la Ley N°19.300 y el D.S. 95/01 Reglamento del SEIA. En este contexto, el titular hizo la publicación del extracto del EIA en el Diario Oficial el 10 de septiembre de 2005 y en el diario El Día el 10 de septiembre de 2005, extendiéndose el período de participación ciudadana hasta el día 23 de noviembre de 2005.
En el proceso de participación ciudadana informada, coordinada por CONAMA Región de Coquimbo se realizaron tres actividades: un taller de apresto, realizado el día 23 de septiembre de 2005 y dos talleres de discusión ciudadana del Estudio de Impacto Ambiental, realizados los días 29 de septiembre y 06 de octubre de 2005, todos en el Salón Auditorium de la Casa de la Cultura de Coquimbo, reuniones en las cuales el titular presentó el proyecto, posteriormente se respondieron consultas y alcances respecto del mismo.
Respecto de la fecha de ejecución del proyecto, se debe indicar que esta está ligada a la aprobación por esta COREMA del respectivo proyecto, por lo que no se deberían iniciar su construcción hasta que este trámite estuviera completamente ejecutado.
Por otra parte el dimensionamiento de la planta está asociado a los caudales generados por la ciudad de Coquimbo y proyectados al año 2025.
Cabe señalar que el cobro por tratamientos anteriores no corresponde al ámbito de la evaluación de impacto ambiental del proyecto, existiendo un organismo del Estado que tiene competencia en el tema, la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

10.3. Las observaciones presentadas por el Sr. José Dante Reyes, domiciliado en Arauco N°471, Tierras Blancas, Coquimbo:

Observación 1: *"Observación al punto 1.5 Descripción General del Proyecto. Se habla de tres (3) obras a ejecutar*
1. Planta de Tratamiento
2. Emisario Terrestre
3. Emisario submarino
Sin embargo, en lo referido a Emisario Terrestre se hace mención a una planta de Pretratamiento
En relación a lo anterior surgen las siguientes dudas:

i. ¿Cuántas planta serán construidas?
ii. ¿Serán construidas dos (2) plantas? ¿Una Planta de Pretratamiento y una Planta de Tratamiento?
iii. ¿Se usan los términos Planta de Tratamiento y Planta de Pretratamiento como sinónimos?
iv. En definitiva y si fuese lo anterior, será construida una planta de Tratamiento y/o o una Planta de Pretratamiento?

El uso de más de una palabra o conjunto de palabras para expresar un determinado concepto puede llevar a confusión si no especificada la equivalencia entre ellos. Se requiere delimitar con precisión el significado de las palabras empleadas.

Si se decide usar más de una palabra para indicar un mismo concepto, se recomienda que la primera vez que se use, éste sea seguido entre paréntesis por el o los sinónimos utilizados en el proyecto.

La importancia de las definiciones no puede ser subestimada así lo ha reconocido la American Society for Testing and Materials (Prat, 1991) cuyo comité sobre la terminología ha formulado e invocado frecuentemente la frase: "Cuando uso una palabra, ella significa exclusivamente lo que yo elijo que signifique, ni más ni menos" (Chapman, 1995)"

Ponderación a observación N°1:
Esta Comisión señala que según los antecedentes del EIA y sus Adendas el proyecto consistiría en la construcción y puesta en marcha de sólo una planta de pre - tratamiento físico, y que efectivamente se ha utilizado el término de planta de tratamiento y pre - tratamiento indistintamente.

Observación 2: *"Observación al punto 1.7 Descripción de la Etapa de Operación*
Se indica que durante la operación del proyecto las etapas serán:
1. Recolección de aguas servidas

2. Tratamiento preliminar
3. Disposición en ambiente marino

En relación a esto y de forma similar a lo expuesto en la observación al punto 1.5, surgen las siguientes interrogantes:

i.¿Las aguas servidas sólo recibirán un Tratamiento Preliminar y no un Tratamiento Final?
ii. ¿Las aguas servidas recibirán ambos tipos de tratamientos?

El uso de más de una palabra o conjunto de palabras para expresar un determinado concepto puede llevar a confusión si no es especificada la equivalencia entre ellos. Se requiere delimitar con precisión el significado de las palabras empleadas.

Si se decide usar más de una palabra para indicar un mismo concepto, se recomienda que la primera vez que se use, éste sea seguido entre paréntesis por el o los sinónimos utilizados en el proyecto.

La importancia de las definiciones no puede ser subestimada así lo ha reconocido la American Society for Testing and Materials (Prat, 1991) cuyo comité sobre la terminología ha formulado e invocado frecuentemente la frase: "Cuando uso una palabra, ella significa exclusivamente lo que yo elijo que signifique, ni más ni menos" (Chapman, 1995)"

Ponderación a Observación N°2:
Esta Comisión señala que según los antecedentes del EIA y sus Adenda las aguas servidas recibirían un pretratamiento físico, que está diseñado para eliminar los sólidos gruesos y basuras, removiendo arenas, aceites y grasas, de modo de evitar sedimentaciones en el emisario submarino, protegiéndolo y aumentando su vida útil, y permitiendo dar cumplimiento a la normativa ambiental de descargas y de calidad de las aguas del cuerpo receptor. El efluente será dispuesto por el emisario submarino que descargará a 87 m de profundidad.

Observación 3: *"Observación al punto 4.2.1. Línea de base de los componentes ambientales estudiados. Medio físico.*
¿Por qué no fueron incluidos como parte de la Línea de Base, los análisis de calidad del agua de mar en lo referente a aceites y grasas, coliformes fecales, temperatura y salinidad?
Para la etapa de operación del proyecto, las concentraciones de aceites y grasas y lo de coliformes fecales junto con la temperatura y salinidad fueron considerados parámetros tan críticos que fueron incluidos en el plan de seguimiento, fijándose para tal propósito siete (7) estaciones con dos (2) profundidades de muestreo cada una y con una periodicidad mensual durante los dos primeros años de operación. Siguiendo similar razonamiento incomprensible que no se hubiese realizado un estudio para conocer el valor inicial de estos parámetros y que se les incluyese en la línea base del proyecto. Esto para propósitos comparativos con los datos obtenidos en el plan de seguimiento."

Ponderación a la observación N°3:
Esta Comisión señala que los análisis indicados fueron efectivamente presentados en el Adenda 1, junto con los estudios de oceanografía. Cabe señalar que la información se va perfeccionando en el proceso de evaluación, por lo que frecuentemente la información contenida en los estudios de impacto ambiental es superada con la incorporación de información de los Adenda, muchas veces más allá del plazo considerado para la participación ciudadana.

Observación 4: *"Observación al punto 5. Identificación, predicción y valorización de impactos ambientales. De base de los componentes ambientales estudiados. Medio Físico*

1. ¿Por qué no fueron consideradas las potenciales emanaciones de elementos odoríferos molestos como impacto negativo del proyecto?
2. ¿Por qué no se incluyó un plan de contingencia para mitigar el impacto de tales emanaciones potenciales?

Si se considera la naturaleza del proyecto (tratamiento de aguas servidas; no fabricación de perfume), las severas y prolongadas emanaciones de elementos odoríficos molestos al ambiente ocasionados por la Farfana (una planta de tratamiento en la Región Metropolitana publicitada y definida en su momento como la más moderna y eficiente de Chile) y similares emanaciones desde una planta de Tratamiento en el Valle de Elqui, no sería demasiado especulativo suponer un escenario en el cual la Planta de Tratamiento (¿y/o planta de Pretratamiento?) propuesta genere tales emanaciones. Más aún, considerando 20 años de operación.

Frente a lo anterior:
i. ¿Con qué nivel de seguridad el proponente puede afirmar que tales emanaciones de elementos odoríferos persistentes no ocurrirían en su Planta de Tratamiento (¿y/o Planta de Pretratamiento?)
ii. Si el proponente estima probables tales emanaciones. ¿Cuál sería el plan de contingencia que contempla seguir?
iii. ¿Cuál o cuales serán los sectores o áreas más afectadas por tales potenciales emanaciones?
iv. El sector de la Cruz del Tercer Milenio fue considerado como área de influencia indirecta (AII) en relación a Ruidos. ¿Sería el sector de la Cruz del tercer Milenio un Area de Influencia Indirecta (AII) en relación a las potenciales emanaciones de elementos odoríficos molestos?"

Ponderación a la Observación N°4:
Esta Comisión señala que efectivamente el proyecto se hizo cargo de la mitigación del señalado impacto mediante la incorporación de un filtro de carbón activado que permite la captación de las sustancias químicas odoríferas, por lo que no figura este impacto en el acápite de identificación, predicción y valorización de impactos, por lo cual tampoco se consideró en el Plan de Contingencias

Observación 5: *"Observación al punto 4.2.1 Línea de Base de los componentes ambientales estudiados. Medio Físico*

i. ¿Por qué no fueron realizados estudios meteorológicos de dirección y velocidad del viento en el área de emplazamiento de la Planta de Tratamiento (¿y/o Planta de Pretratamiento?) como parte de la Línea de Base?

Si se considera la naturaleza del proyecto y la potencialidad de emanaciones de elementos odoríficos molestos desde la Planta de Tratamiento (¿Y/o planta de pretratamiento?) sería importante conocer la información sobre dirección y velocidad predominante del viento en el área de emplazamiento. Lo anterior, para determinar el sector que sería más afectado por tales emanaciones:
El sector de la Cruz del tercer Milenio fue considerada como área de influencia indirecta (AII) en relación a ruidos.
¿Sería el sector de la Cruz del Tercer Milenio un área de influencia indirecta (AII) en relación a las potenciales emanaciones de elementos odoríferos molestos?"

Ponderación:
Esta Comisión señala que según los antecedentes entregados en el EIA el titular realizó estudios meteorológicos y de viento asociados a la variable oceanográfica. Tal como se indicó anteriormente el impacto por emanaciones de olores fue abordado en la ingeniería del proyecto por lo que se estima que no se generen olores molestos en el área de influencia del mismo. Por otro lado, respecto del ruido, el proyecto entregó en el EIA la Línea de Base de ruido de acuerdo a la metodología normada y estimó el ruido generado durante las distintas etapas del proyecto, los que se encuentran por debajo de los niveles de presión sonora normados. No obstante, el titular comprometió la realización de monitoreos de ruidos durante la etapa de construcción, la cual se estimó de mayor incidencia en este aspecto.

11. Que, de acuerdo a los antecedentes y documentos contenidos en el proceso de evaluación de impacto ambiental del proyecto, y de lo señalado en la presente resolución, esta Comisión estima que el proyecto cumple con la normativa de carácter ambiental aplicable y se hace cargo apropiadamente de los efectos, características y circunstancias a que se refiere el artículo 11 de la Ley N°19.300.

12. Que, esta Comisión Regional del Medio Ambiente sólo está facultada para pronunciarse sobre los aspectos ambientales del Proyecto, por lo cual para que éste pueda ejecutarse, debe cumplir con todas las normas vigentes que le sean aplicables.

13. Que, el EIA, sus respectivos Adenda y el Informe Consolidado de Evaluación se consideran oficiales y partes integrantes de la presente Resolución, por lo tanto, todas las medidas y acciones señaladas en dichos documentos se consideran asumidas por el titular, el que se obliga a su cumplimiento, en lo que corresponda y a las modificaciones que quede sujeto por la presente Resolución.

14. Que, en relación a la identificación de impactos ambientales no previstos en el proceso de evaluación ambiental del proyecto, el Titular deberá informar a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Coquimbo la ocurrencia de dichos impactos, asumiendo las acciones necesarias para mitigarlos, repararlos y/o compensarlos, según corresponda. La información a esta Comisión Regional del Medio Ambiente deberá efectuarse el primer día hábil siguiente de ocurrido el o los impactos ambientales.

15. Que, si bien el Plan de Seguimiento Ambiental estipulado en la presente Resolución, permitirán corroborar que las variables ambientales relevantes afectadas por el proyecto, evolucionen según la documentación que forma parte de la evaluación respectiva, la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Coquimbo podrá solicitar, cuando existieren antecedentes fundados para ello, monitoreos, análisis y mediciones adicionales a los establecidos en el Estudio de Impacto Ambiental, su Adenda N°1, N°2 y N°3, Informe Consolidado de Evaluación y la presente Resolución, o la modificación de sus frecuencias o demás características. A su vez, el Titular podrá solicitar a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Coquimbo, cuando existieren antecedentes fundados para ello, la modificación, reducción o eliminación de dichos monitoreos, análisis, mediciones o sus frecuencias y/o características.

16. Que, el titular del proyecto deberá informar a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Coquimbo, oportunamente y previo a su ejecución, del inicio de las obras y/o actividades de cada una de las etapas del proyecto. Además, deberá informar cualquier modificación o variación que se presente o ejecute al proyecto aprobado, aun cuando no se requiera evaluación ambiental de ésta.

17. Que, la fiscalización del cumplimiento de las normas y condiciones sobre la base de las cuales se acepta el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, corresponderá a los órganos de la administración del Estado que en uso de sus facultades participan en el sistema de evaluación de impacto ambiental y que el titular deberá facilitar la labor fiscalizadora.

18. Que, todas las medidas y disposiciones establecidas en la presente Resolución, son de responsabilidad del titular del proyecto, sean implementadas por éste directamente o, a través de un tercero

19. Que, en razón de todo lo indicado precedentemente,

LA COMISIÓN REGIONAL DEL MEDIO AMBIENTE DE LA REGIÓN DE COQUIMBO RESUELVE:

1. **CALIFICAR FAVORABLEMENTE** el proyecto "Coquimbo: Planta de tratamiento de aguas servidas y emisario submarino" de Aguas del Valle S.A., condicionándolo al cumplimiento de los requisitos y obligaciones establecidas en los Considerandos de la presente Resolución de Calificación Ambiental.

2. **CERTIFICAR** que el proyecto "Coquimbo: Planta de tratamiento de aguas servidas y emisario submarino" cumple con todos los requisitos ambientales aplicables, con la normativa de carácter ambiental, con los permisos ambientales sectoriales descritos en los artículos 73 y 91 del Reglamento del sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y que respecto de los efectos, características y circunstancias establecidas en el artículo 11 de la Ley N°19.300, el titular ha establecido las medidas de mitigación y compensacion, que junto a las condiciones ambientales exigidas se consideran adecuadas.

3. Hacer presente que proceden en contra de la presente Resolución, los recursos de reclamación establecidos en los artículos 42 y 45 del Decreto Supremo N°95/01 del MINSEGPRES. Lo anterior, sin perjuicio de que puedan ejercerse cualquier otro recurso que se estime oportuno

Anótese, notifíquese al titular y archívese,

Ricardo Cifuentes Lillo
Intendente Región de Coquimbo
Presidente Comisión Regional del Medio Ambiente
de la Región de Coquimbo

Pedro Valenzuela Diez de Medina
Director Regional (S) CONAMA
Secretario Comisión Regional del Medio Ambiente
de la Región de Coquimbo

RCL/PVDM/ICM/UMA/JMV.-
Distribución:
- Sr. Gustavo González Doorman, Representante Legal
- Sr. Intendente Región de Coquimbo
- Sr. Gobernador Provincia del Elqui

- Sr. Gobernador Provincia del Limarí
- Sra. Gobernadora Provincia del Choapa
- Sra. SEREMI de Educación Región de Coquimbo
- Sra. SEREMI de Transportes y Telecomunicaciones Región de Coquimbo
- Sr. SEREMI de Vivienda y Urbanismo Región de Coquimbo
- Sra. SEREMI Bienes Nacionales Región de Coquimbo
- Sra. SEREMI de Obras Públicas Región de Coquimbo
- Sr. SEREMI SERPLAC Región de Coquimbo
- Sr. SEREMI de Agricultura Región de Coquimbo
- Sra. SEREMI de Salud Región de Coquimbo
- Sr. SEREMI de Economía Región de Coquimbo
- Sr. SEREMI de Minería Región de Coquimbo
- Sr. Francisco Elorza, Consejero Regional
- Sr. Rubén Pino, Consejero Regional
- Sr. Jorge Contador, Consejero Regional
- Sr. José Fernández, Consejero Regional
- Sra. Directora SAG Región de Coquimbo
- Sr. Director SEC Región de Coquimbo
- Sra. Directora SERNATUR Región de Coquimbo
- Sr. Director SERNAPESCA Región de Coquimbo
- Sr. Superintendente SISS
- Sr. Gobernador Marítimo de Coquimbo
- Sr. Subsecretario de Pesca
- Sr. Secretario Ejecutivo Consejo de Monumentos Nacionales
- Sr. Alcalde Ilustre Municipalidad de Coquimbo
- Sr. Julio Silva Sáez
- Sr. Juan Trigo Valenzuela
- Sr. José Reyes Mercado

C/c:

- Expediente del Proyecto "Coquimbo: Planta de tratamiento de aguas servidas y emisario submarino"
- Archivo Resoluciones 2006
- Archivo Comisión Regional del Medio Ambiente

4.- ESTUDIO PLANTAS DESALADORAS EXISTENTES EN CHILE

01PR14-1009-Desalacion Chile_rv00.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: ESTUDIO PREVIO – DESALACIÓN EN CHILE

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-1009-Desalacion Chile

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	MCM	30-04-14	CBE	05-06-14	CBE	05-06-14

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 3

2. ESTUDIO PARA LA CONURBACIÓN LA SERENA- COQUIMBO 4

3. MAPA DESALACIÓN EN CHILE 5

4. DESALACIÓN EN CHILE 6

4.1.- DESALADORA LA CHIMBA- ANTOFAGASTA 6

4.2.- AMPLIACIÓN LA CHIMBA - ANTOFAGASTA 9

4.3.- DESALADORA RADOMIRO TOMIC 10

4.4.- DESALADORA MOLY COP CHILE 12

4.5.- DESALADORA SECTOR SUR ANTOFAGASTA 13

4.6.- DESALADORA MINERÍA ESCONDIDA 16

4.7.- AMPLIACIÓN DESALADORA MINERÍA ESCONDIDA 17

4.8.- DESALADORA MANTOVERDE 19

4.9.- DESALADORA CAP - PUNTA TOTORALILLO 21

4.10.- DESALADORA MINERA CANDELARIA 24

4.11.- DESALADORA VALLE DE COPIAPÓ 26

4.12.- DESALADORA PROYECTO EL MORRO 28

5. BIBLIOGRAFÍA 29

6. CUADRO RESUMEN DESALACIÓN EN CHILE 31

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente el agua se nos ha presentado como un recurso escaso y a la vez fundamental para el desarrollo del ser humano y de las actividades que éste ejecuta tanto en el plano doméstico como productivo. La razón fundamental de dicha escasez radica en que sólo un 2,5% del agua presente en el planeta corresponde a agua dulce, útil para el consumo humano y para la actividad productiva; mientras el resto debe descartarse por estar congelado o contener alta concentración de sales y otro minerales.

Chile no está exento de la problemática de la escasez de agua, alcanzado niveles críticos en la zona Norte del país, cubierta por el desierto y donde a la vez se desarrollan numerosos procesos mineros e industriales.

La desalación como medio de convertir agua de mar en un recurso hídrico utilizable para el consumo humano, procesos industriales y la agricultura, se ha convertido en una alternativa utilizada en muchas economías del mundo, donde la escasez de agua era limitante para el desarrollo y el progreso.

Desde hace aproximadamente una década, los proyectos que contemplaban plantas de desalación comenzaron a tomar fuerza en Chile. La incursión de Aguas de Antofagasta y Minera Escondida (Coloso), significaron los primeros acercamientos positivos a esta tecnología.

Los proyectos han ido vinculados a la desalación de agua de mar para el abastecimiento de agua potable a la población y para su uso en la industria minera.

La Estrategia Nacional de Recursos Hídricos de Chile de 2013, identifica a la desalación de agua de mar como *"una fuente segura de agua que garantiza estabilidad en el suministro de agua dulce, frente a la variabilidad natural que presentan las fuentes naturales y a la escasez del recurso en las cuencas del norte del país. Por esto, se utilizará agua desalada en aquellas regiones o zonas del país, en que no exista suficiente disponibilidad del recurso proveniente de fuentes convencionales, y en que el desarrollo económico de las mismas haga viable la aplicación de este tipo de solución".*

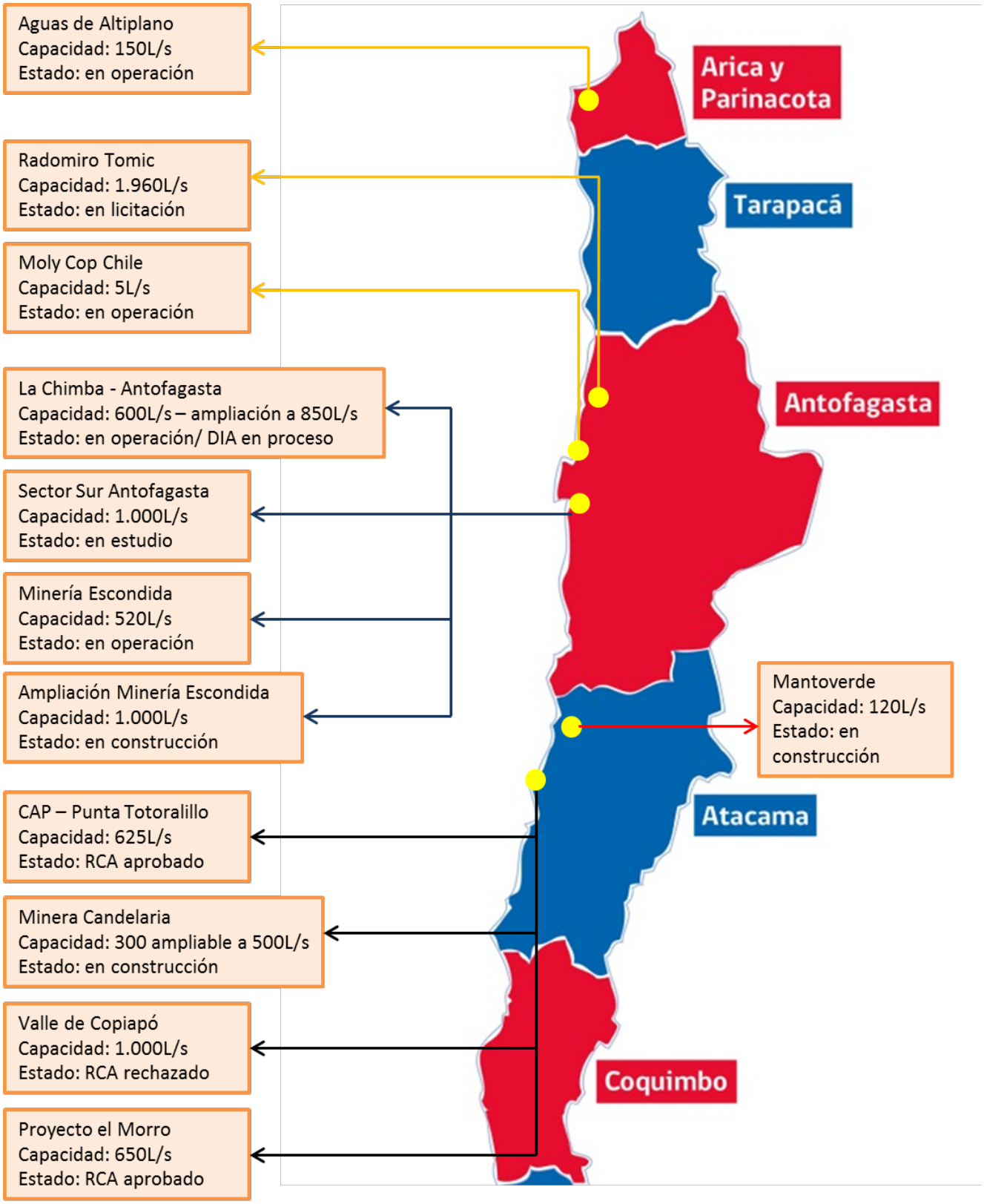
2. ESTUDIO PARA LA CONURBACIÓN LA SERENA- COQUIMBO

Según se indicaba en las bases del "estudio técnico-económico comparativo entre la instalación de una planta desaladora y una planta de reutilización de aguas depuradas", uno de los objetivos fundamentales es el de realizar un estudio específico para la conurbación La Serena – Coquimbo, considerando sus características propias y específicas, evitando extrapolar resultados de estudios realizados en otras regiones de Chile o en otros países.

Como primer paso para recopilar la información existente, Aqua Advise ha estudiado la situación actual de la desalación en Chile.

El objetivo de este informe es el de alimentar al proyecto con esta información, analizando los casos de éxito y las causas de los fracasos, para después realizar un estudio acorde a las necesidades y características de la conurbación La Serena – Coquimbo.

3. MAPA DESALACIÓN EN CHILE



4. DESALACIÓN EN CHILE

4.1.- DESALADORA LA CHIMBA- ANTOFAGASTA

En el año 1999 se licitó la Planta Desaladora de Agua de Mar de Antofagasta, iniciando su construcción el año 2000 y entrando en operación el año 2003. Actualmente es llamada Planta Desaladora La Chimba, debido a su ubicación geográfica.

El titular de la planta desaladora es Aguas de Antofagasta S.A.

La desaladora se ubica en la Caleta de la Chimba, comuna de Antofagasta, provincia de Antofagasta, tal y como se muestra en la figura inferior.

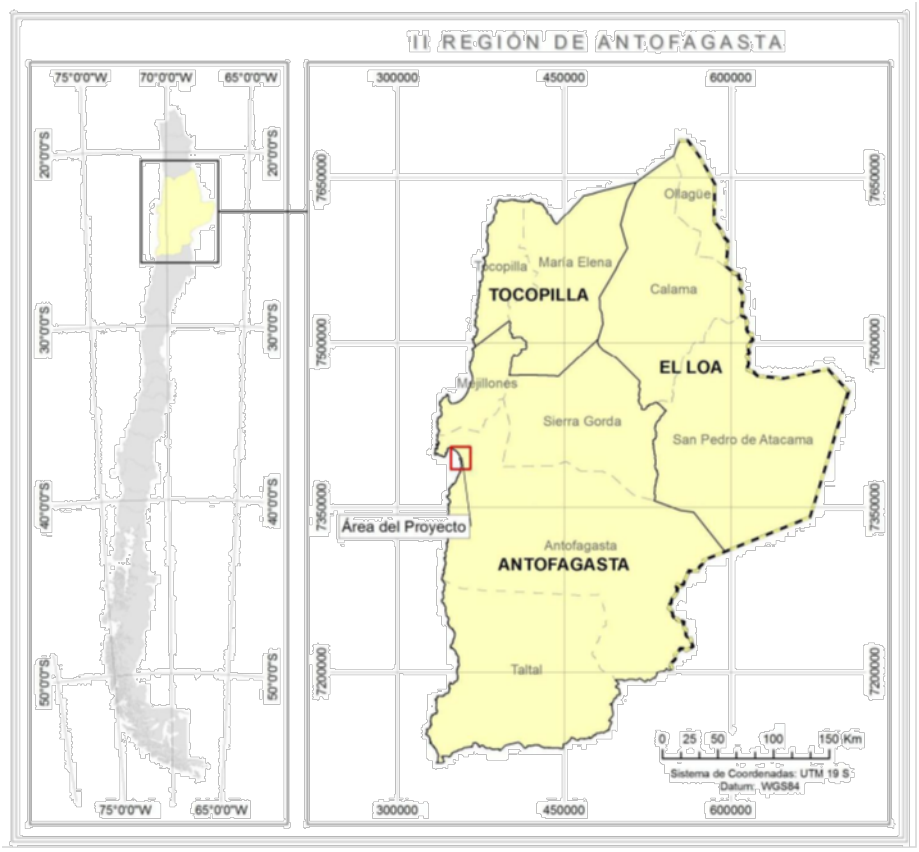


Imagen 1 . Localización desaladora la Chimba.

Características de la instalación:

- Año de inicio de operación: 2003
- Producción estimada: 600 L/s
- Uso del agua: suministro de agua potable a la ciudad de Antofagasta

La captación de agua de mar es abierta con torre de captación. El inmisario tiene una longitud de 350m y diámetro 1.600mm.

El pretratamiento consiste en:

- Dosificación de hipoclorito de sodio en la captación y en la impulsión de agua de mar a la planta
- Acidificación por medio de ácido sulfúrico para corregir pH y evitar precipitación de sales en las membranas de ósmosis inversa
- Coagulación y floculación. Se dosifica cloruro férrico
- Filtros a presión con lecho mixto de arena y antracita, para la eliminación de flóculos y compuesto metálicos
- Dosificación de antiincrustante, para evitar la precipitación en las membranas
- Dosificación de metabisulfito de sodio
- Filtración de seguridad, mediante filtros de cartucho de 5µm

El proceso de ósmosis se compone fundamentalmente de:

- un sistema de bombeo a alta presión, para presurizar el agua de mar filtrada a la entrada de los bastidores de ósmosis,
- bastidores de ósmosis inversa: ocho bastidores de 75L/s de producción,
- tubos de presión,
- membranas de OI,
- sistemas de recuperación de energía mediante turbina Pelton

Los sistemas auxiliares al proceso de desalación son la limpieza de filtros, limpieza química de membranas y equipo de desplazamiento.

Con el objetivo de que el agua permeada del proceso de ósmosis cumpla con la calidad establecida en la Norma Chilena NCh 409/1Of.2005, la planta incorpora el postratamiento siguiente:

- Dosificación de ácido sulfúrico, para generar CO_2 y posterior reacción con los carbonatos de calcio y magnesio presente en los filtros de dolomita
- Remineralización en filtros de Dolomita: el agua permeada acidificada reacciona con la dolomita incorporando al agua la dureza y alcalinidad que requiere el agua potable
- Dosificación de Hidróxido Sódico, para ajustar el pH del agua hasta valores ente 8,0 y 8,2 que permitirán cumplir el índice de Langelier
- Dosificación de Fluoruro Sódico

- Dosificación de Hipoclorito Sódico

El agua producto se almacena en un depósito de obra civil de 1.800m^3 de capacidad, denominado estanque pulmón.

La salmuera producto del proceso de ósmosis se descarga por gravedad al mar, a través de un emisario submarino de 200m de longitud, ubicado en la zona de la Chimba.

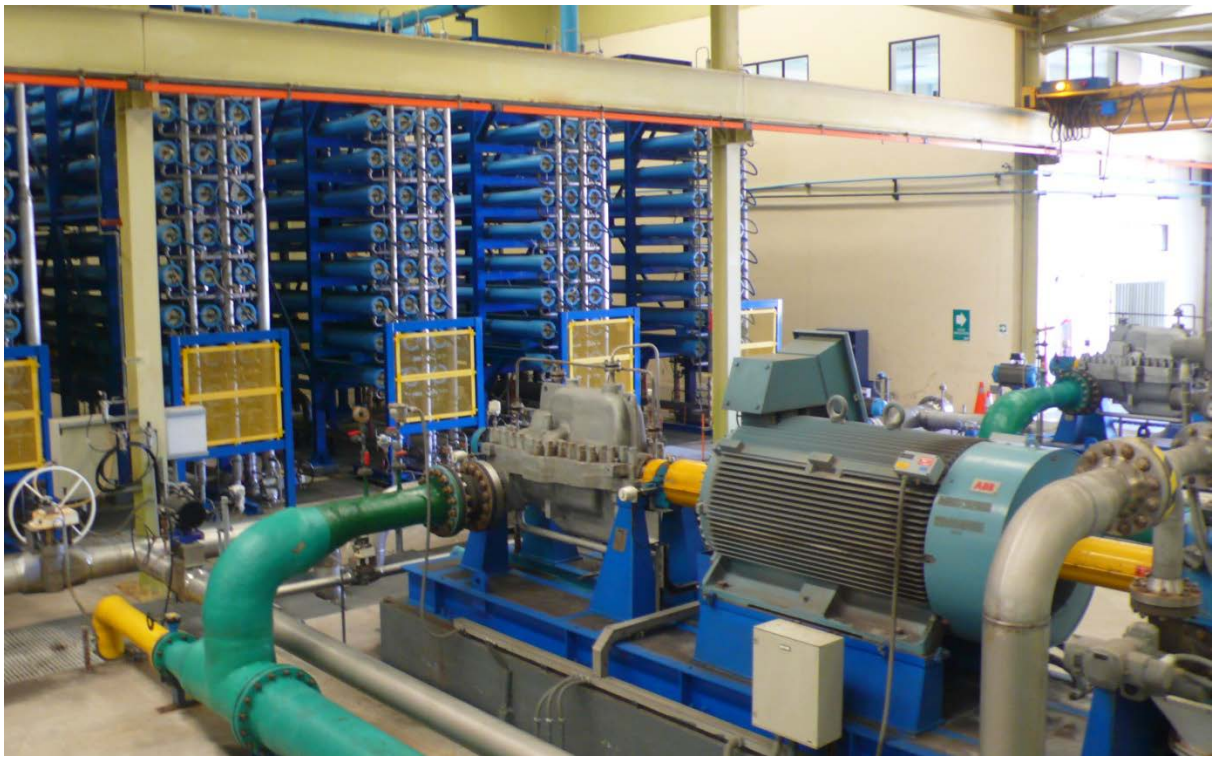


Imagen 2. Desaladora la Chimba.

4.2.- AMPLIACIÓN LA CHIMBA - ANTOFAGASTA

Debido al creciente aumento de la población en la ciudad de Antofagasta en los últimos años y a la necesidad de dar seguridad al sistema de abastecimiento de agua potable para estos nuevos crecimientos, la Empresa de Servicios Sanitarios de Antofagasta S.A. presentó en 2013 la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) "Actualización y Ampliación Planta Desaladora La Chimba", con el propósito de actualizar e instalar nuevos equipos en la planta desaladora de La Chimba que permitan ampliar la planta en 250 L/s de producción, para llegar a una producción total de la planta de 850 L/s.

Características de la instalación:

- Estado del proyecto: Declaración de Impacto Ambiental en proceso
- Ampliación estimada: 250 L/s
- Uso del agua: suministro de agua potable a la ciudad de Antofagasta

Las obras de ampliación incluyen la incorporación de:

- 2 filtros de arena,
- 1 filtro de cartucho adicional,
- sistema de pretratamiento por Ultrafiltración
- una segunda línea de ósmosis inversa
- modificación de membranas de OI
- sistema de postratamiento de dióxido de carbono
- sistema de aireación para el estanque de agua tratada

4.3.- DESALADORA RADOMIRO TOMIC

La Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), está desarrollando el Proyecto de Explotación de Sulfuros Radomiro Tomic Fase II, que contempla la construcción de una nueva planta concentradora para explotar las reservas de sulfuros que tiene el yacimiento, con una capacidad de procesamiento de 200.000 toneladas diarias de material. El proyecto también incluye las nuevas instalaciones necesarias para abastecer de energía eléctrica y de agua industrial a la concentradora.

Para el abastecimiento de agua industrial el proyecto requiere la construcción de una planta desaladora de agua de mar con tecnología de osmosis inversa, que se emplazará al sur de la ciudad de Tocopilla, en el sector denominado Caleta Viuda. La capacidad de diseño de esta planta será de 170.000 m^3/día (1.960 L/s), volumen de agua que será transportada hasta la concentradora mediante una conducción en tubería de acero de 48” de diámetro y 160 kilómetros de longitud, con 5 estaciones de bombeo intermedias.

Características de la instalación:

- Estado del proyecto: en fase de licitación
- Producción estimada: 1.960 L/s
- Uso del agua: suministro de agua para el Proyecto de Explotación de Sulfuros Radomiro Tomic Fase II

El proyecto se ubica en la II Región de Antofagasta, República de Chile, en la Comuna de Tocopilla y entre las ciudades de Tocopilla y Antofagasta, a 14 km al sur de la primera y a 155 km al norte de la segunda, en la zona costera denominada Caleta Viuda.

Imagen 3. Localización planta desaladora Radomiro Tomic.

La captación de agua de mar se diseñó abierta con dos torres de captación, a una profundidad aproximada de -20m. La longitud del ducto es de 270m, 2m de diámetro y material HDPE.

El pretratamiento incluye:

- DAF
- Filtros autolimpiables
- Ultrafiltración
- Filtros de cartucho
- Las dosificaciones para el pretratamiento químico son:
- hipoclorito de sodio en captación
- bisulfito de sodio
- antiincrustante

El postratamiento de agua permeada incluye la dosificación de CO_2 y saturadores de cal.

El almacenamiento de agua producto se realiza en dos tanques de 5.000m^3.

El emisario de salmuero se diseña con una tubería con difusores, de diámetro 1.800mm y longitud 480m, hasta alcanzar una profundidad aproximada de 20m.

4.4.- DESALADORA MOLY COP CHILE

El proyecto corresponde a una planta desalinizadora de agua de mar mediante el proceso de osmosis inversa, para abastecer el consumo interno de agua de enfriamiento de la planta elaboradora de bolas de acero, y de un emisario submarino para descargar el agua residual del proceso de desalado.

La planta Elaboradora de Bolas de Acero, requiere para su funcionamiento el suministro de agua de procesos (desalada), el que puede obtenerse de la vecina planta de EDELNOR, o bien con un tratamiento propio que cuente con una línea para disposición del agua salada residual. Evaluadas ambas alternativas, Moly-Cop Chile S.A. optó por abastecimiento propio que permita asegurar la continuidad del servicio y un mínimo costo.

Las instalaciones del proyecto se encontrarán ubicadas en el camino a Chacayas S/N, Comuna de Mejillones, provincia de Antofagasta.

El agua de mar proviene del condensador de la planta termoeléctrica de Edelnor, con la ventaja de que el agua ya ha sido filtrada, y por provenir de un sistema de enfriamiento donde no hay contacto con otros procesos viene libre de contaminantes.

El pretratamiento consiste en:

- Coagulación – floculación
- Filtro floculador de lecho de carbón mineral tipo antracita
- filtros multimedia con lechos de arena y antracita
- Dosificación de antiincrustante
- Filtros de cartucho

El permeado se almacena en un estanque de 800m^3, que actúa como pulmón para abastecer los requerimientos de la planta productora de bolas de acero.

La salmuera de rechazo del proceso de desalinización, procedente de las membranas de osmosis inversa, se descargará por gravedad a través del emisario submarino.

4.5.- DESALADORA SECTOR SUR ANTOFAGASTA

La planta desalinizadora Sur Antofagasta se diseña para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Antofagasta.

El proyecto se ubica en la Comuna de Antofagasta, en el sector sur de la ciudad de Antofagasta, a diferencia de la desaladora de la Chimba que está ubicada en el sector norte, con la finalidad de disminuir el riesgo de fallo en el suministro de agua potable a la ciudad y optimizar el sistema de distribución de agua potable dentro de la ciudad.

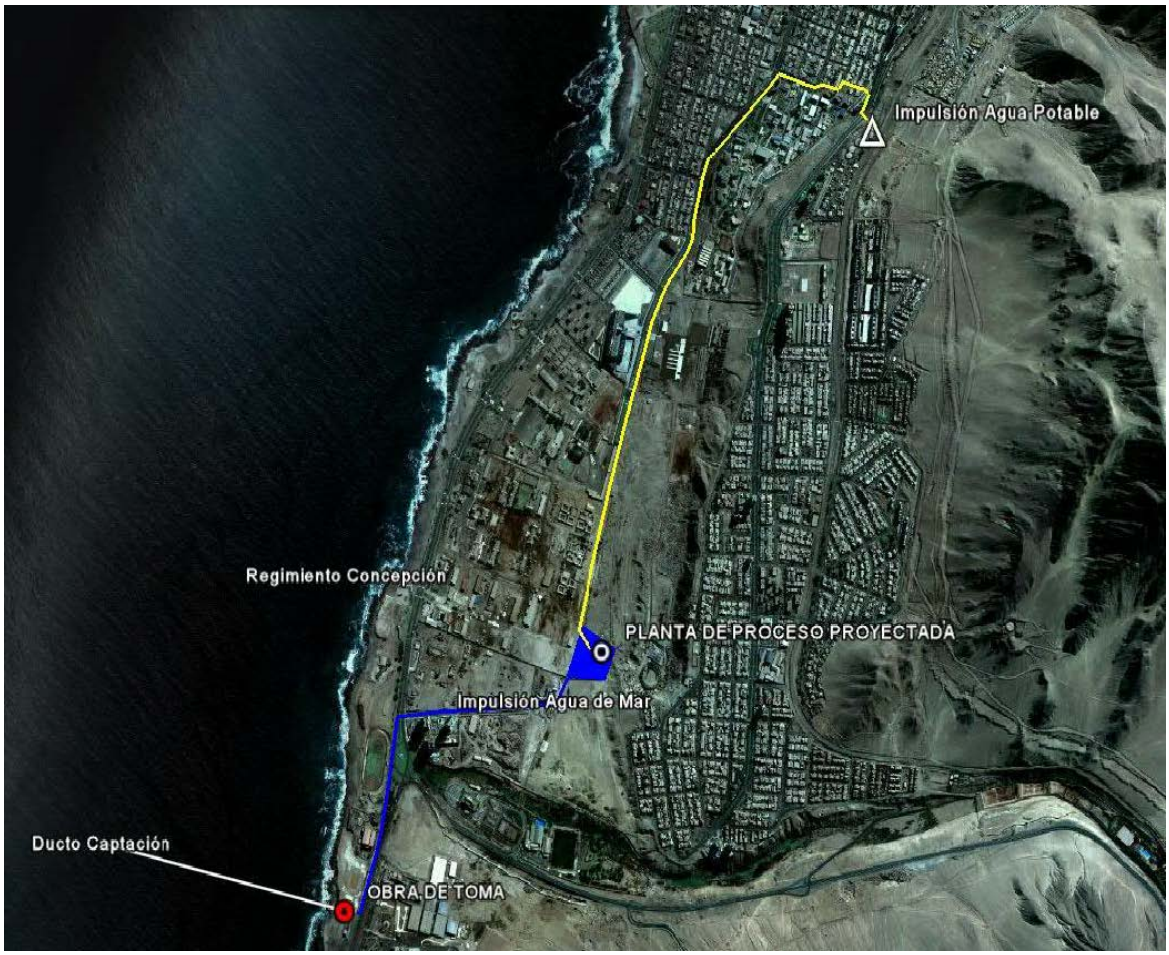


Imagen 4. Localización desaladora Sector Sur Antofagasta.

Características de la instalación:

- Estado del proyecto: en proceso de estudio
- Producción estimada: 1.000 L/s
- Uso del agua: suministro de agua potable a la ciudad de Antofagasta

La captación está diseñada con:

- una torre de captación de hormigón armado, ubicada a 20m de profundidad;
- un ducto de captación de material HDPE, 830m de longitud y 2m de diámetro.
- lastres de hormigón para anclaje de la tubería de captación

El pretratamiento del agua de mar incluye:

- Dosificación de hipoclorito de sodio en la captación
- Inyección de aire a torre de captación
- Filtros de arena multimedia
- Dosificación de reductor metabisulfito de sodio
- Dosificación de dispersante
- Filtración de seguridad por filtros de cartucho

El proceso de ósmosis se diseña con:

- bombas de alta presión,
- bombas booster,
- bastidores de ósmosis inversa,
- tubos de presión,
- membranas de OI,
- sistemas de recuperación de energía intercambiador de presión.

Las instalaciones del emisario de salmuera se dividen en:

- Turbina de recuperación de energía, debido a la cota entre el edificio de captación y la planta desaladora
- Cámara de muestreo, para monitorear el caudal de salmuera
- Ducto de salmuera, una tubería de HDPE con 266m de longitud y 1,8m de diámetro, con difusores en los últimos 50m de tubería para la descarga de salmuera

Con el objetivo de que el agua producida cumpla con la calidad establecida en la Norma Chilena NCh 409/1Of.2005, la planta incorpora un sistema de postratamiento:

Dosificación de ácido sulfúrico, para generar CO_2 y que luego éste reaccione con los carbonatos de calcio y magnesio presente en los filtros de dolomita

Torres de saturación por Dolomita, formados por estanques rectangulares de hormigón armado rellenos con dolomita

El agua se almacenará en un depósito regulador con una capacidad de 5.000m^3, de hormigón armado. El agua se potabiliza con la dosificación de hipoclorito sódico y fluorsilicato sódico.

Los sistemas auxiliares al proceso de desalación son:

- Sistema de limpieza de filtros y estanque de lavado de filtros,
- Equipo de limpieza química de membranas, equipo de desplazamiento y un estanque de neutralización.

Imagen 5. Maqueta desaladora Sur Antofagasta.

4.6.- DESALADORA MINERÍA ESCONDIDA

La planta desaladora de la Minera Escondida abastece de agua a la explotación de Minera Escondida en Chile desde su inicio de operación en 2006.

La producción de la planta es de 520 L/s.

La línea de tratamiento consiste en:

- Captación de agua de mar por toma abierta
- Tamizado
- Desarenador
- Floculación – coagulación y DAF
- Doble etapa de filtración por filtros bicapa cerrados
- Filtración de seguridad por filtros de cartucho
- Cuatro racks de ósmosis inversa de 11.300m^3/día/unidad
- Recuperación de energía mediante turbina Pelton
- Remineralización
- Estanque de almacenamiento de 3.000m^3

Imagen 6. Desaladora Minería Escondida.

4.7.- AMPLIACIÓN DESALADORA MINERÍA ESCONDIDA

El objetivo del proyecto de ampliación es contribuir a la continuidad en el largo plazo de las operaciones de Minería Escondida, al incorporar una capacidad adicional de abastecimiento de 1.000 L/s de agua desalinizada de calidad industrial, la que se utilizará complementariamente a las fuentes de agua actuales.

El proyecto se divide en tres áreas:

- Área Coloso: la planta desaladora se localizará en el interior de Puerto Coloso. El suministro de energía eléctrica, proveniente del Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), será proporcionado a través de la Subestación Nueva Coloso (220 kV), la que también se construirá al interior de Puerto Coloso
- Área de impulsión, en la que se emplazan las infraestructuras de conducción de agua desalada desde Puerto Coloso hasta el embalse ubicado en el interior de Mina Escondida, a 170km de Antofagasta y 3.300 m.s.n.m
- Área embalse, ubicado en el área industrial de Mina Escondida, para el almacenamiento de agua industrial, con una capacidad de dos millones de m^3.

La justificación de la ubicación de la planta desaladora es que Puerto Coloso forma parte de las instalaciones de Minería Escandida en la costa de Antofagasta, donde se realizan las operaciones de filtrado y embarque de concentrado hacia distintos destinos. Esta área posee un espacio físico que se considera adecuado para emplazar la infraestructura y los servicios que se requieren para la instalación y operación de la Planta Desalinizadora.

Características de la instalación:

- Estado del proyecto: en construcción
- Producción estimada: 1.000 L/s
- Uso del agua: aumentar la capacidad de producción de la planta desaladora de Puerto Coloso, para cubrir la demanda hídrica de Minería Escondida.

La captación de agua de mar es abierta con torre de captación, ubicada a 580m de la costa y a 26m bajo el nivel del mar. El inmisario está formado por dos tuberías de HDPE de diámetro nominal 1.600mm.

El emisario submarino se diseña con dos tuberías paralelas de diámetro nominal 1.600mm, en material HDPE y longitud 400m. Su punto final estará a aproximadamente 20m bajo el nivel del mar. Se contempla el uso de difusores en el tramo final de 77m de la tubería.

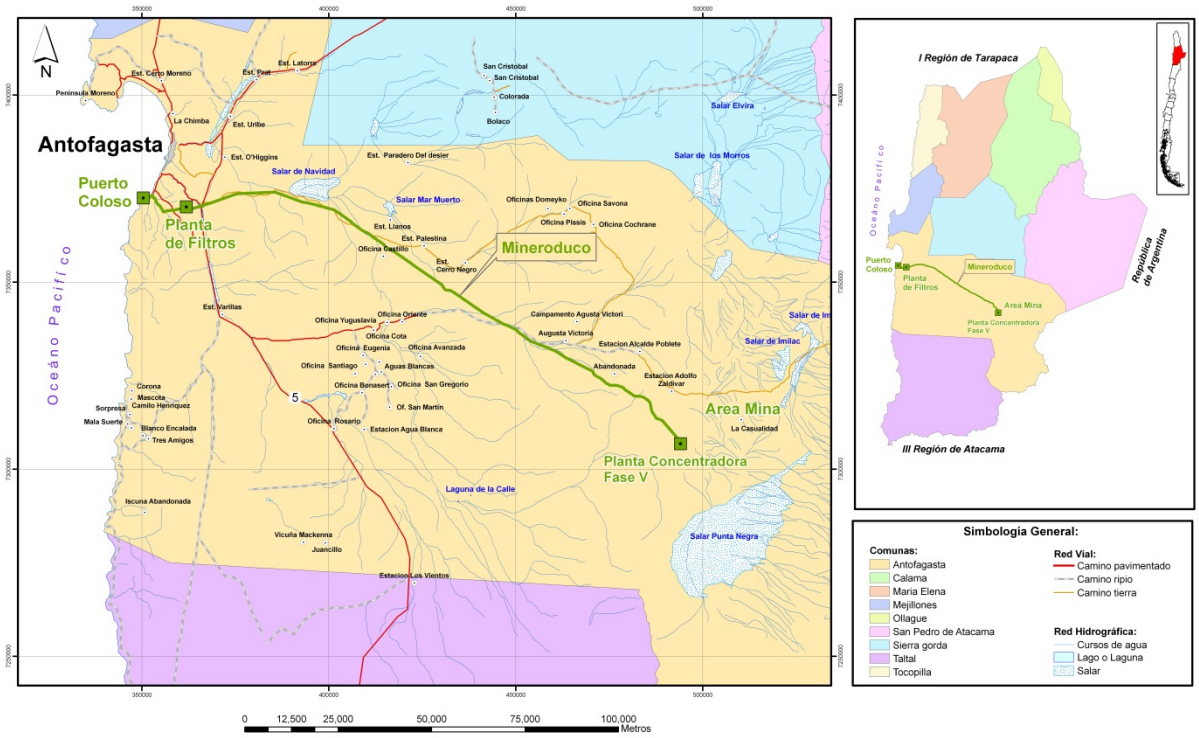


Imagen 7. Localización desaladora el Coloso.

El pretratamiento del agua de mar consiste en:

- Canales desarenadores, construidos en hormigón armado y dotados de malla vertical para retener posibles sólidos flotantes
- Coagulación – floculación y DAF
- Doble etapa de filtración por filtros de arena
- Filtración de seguridad, filtros de cartucho
- Dosificación de hipoclorito en captación
- Dosificación de coagulante y floculante
- Dosificación de ácido sulfúrico
- Dosificación de bisulfito de sodio

El postratamiento del agua permeada se diseña con:

- Carbonato de sodio
- Dosificación de CO_2

El agua producida se almacenará en un estanque intermedio de 6.000m^3.

4.8.- DESALADORA MANTOVERDE

El proyecto consiste en la instalación de una planta desaladora con el objetivo de garantizar el abastecimiento de la demanda de agua requerida por la División Mantoverde, para los planes actuales y futuros de producción.

El proyecto se localiza en la Región de Atacama, Provincia de Chañaral, sector Bahía Flamenco, ubicado a 30 km al Sur de Chañaral.

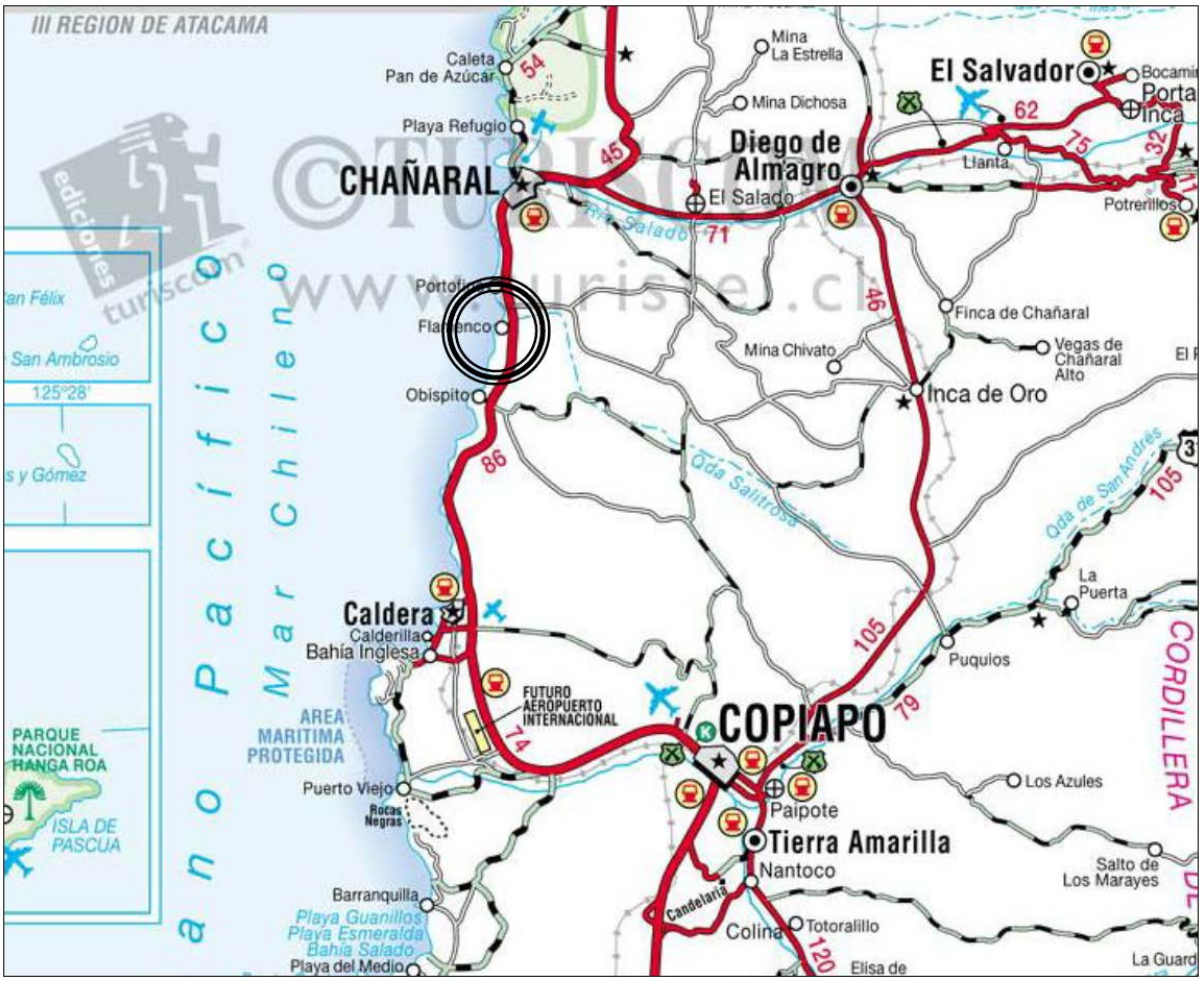


Imagen 8. Plano de ubicación desaladora Mantoverde.

Características de la instalación:

- Fase del proyecto: en construcción
- Producción estimada: 120 L/s
- Uso del agua: suministro de agua industrial para la División Matoverde

La captación de agua de mar es abierta con torre de captación. El inmisario tiene una longitud de 330m, material HDPE y alcanza una profundidad estimada de 20m.

El pretratamiento consiste en:

- Dosificación de hipoclorito en captación
- Dosificación de bisulfito sódico
- Dosificación de floculante y coagulante
- Filtros multilecho
- Doble etapa de filtración
- Filtros de cartucho
- Dosificación de ácido sulfúrico
- Dosificación de antiincrustante

El sistema de ósmosis inversa se diseña para obtener una calidad de agua producto inferior a 500 mg/L STD.

El agua de rechazo será almacenada en un estanque de salmuera. El emisario de salmuera está formado por una tubería de 600m de longitud con difusores.

4.9.- DESALADORA CAP - PUNTA TOTORALILLO

El objetivo del proyecto es proveer de agua industrial a clientes mineros localizados en la Región de Atacama, específicamente a los ubicados en el Valle de Copiapó y cercanías, la que se obtendrá a través de un proceso de desalinización de agua de mar.

La Planta Desalinizadora se emplazará en un sitio ubicado en el sector costero, aproximadamente a 2,5 km al sur del Puerto Punta Totoralillo, en la comuna de Caldera, provincia de Copiapó, Región de Atacama.

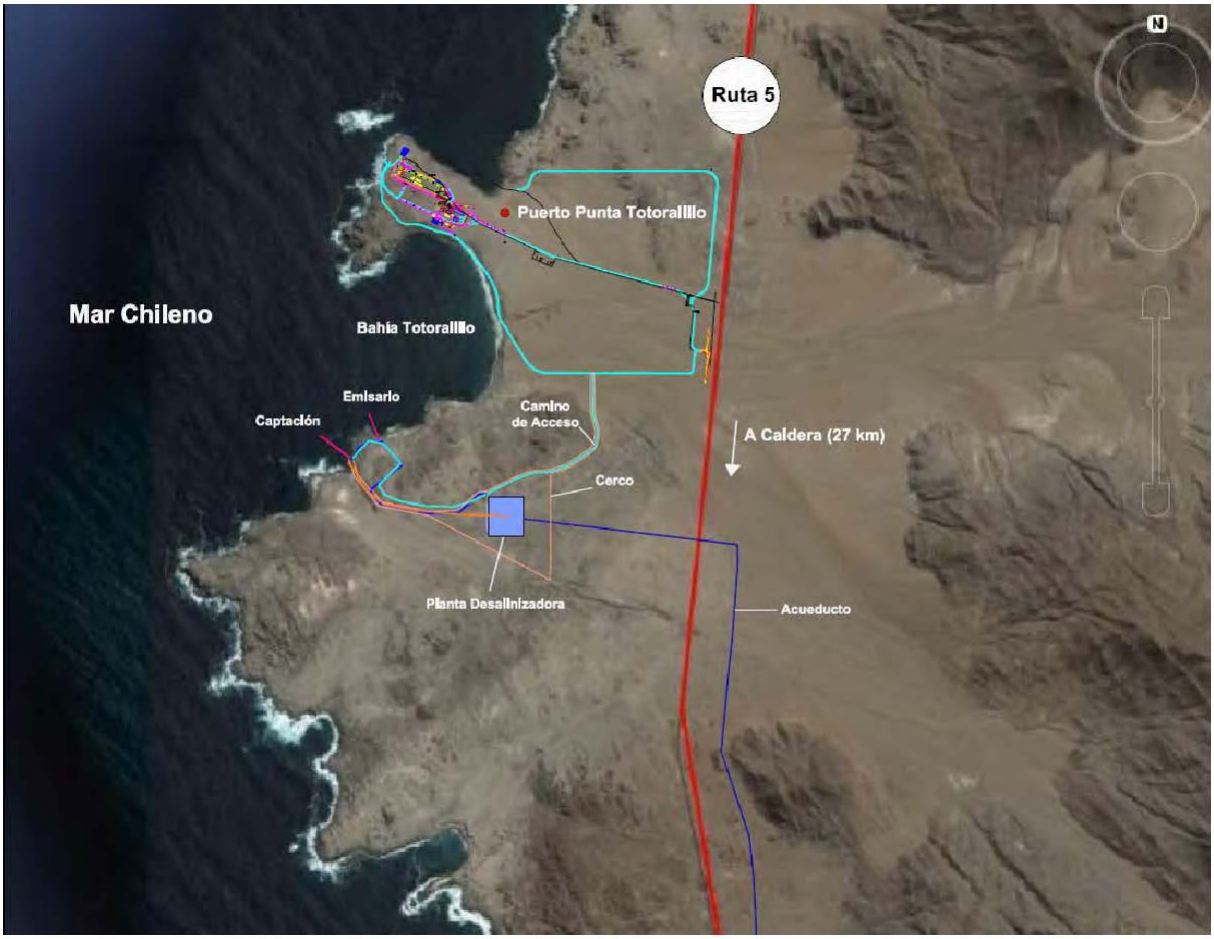


Imagen 9. Localización desaladora Punta Totoralillo.

Características de la instalación:

- Estado del proyecto: RCA aprobado
- Producción estimada: 625L/s
- Uso del agua: industria minera

La ubicación del proyecto se debe a que el sector seleccionado es contiguo a instalaciones industriales ya existentes, cuenta con agua de mar de buena calidad y las condiciones topográficas del terreno son adecuadas para el emplazamiento de la planta desaladora y sus instalaciones anexas. Adicionalmente, el área es accesible desde la Ruta 5 Norte, a la altura del km 905 aproximadamente, a través del camino de acceso a las instalaciones del Puerto Punta Totoralillo de CAP Minería, y no presenta atributos ambientales especiales.

La captación de agua de mar consta de tres componentes principales: cajón de captación, tubería de captación de HDPE y pozo de impulsión de agua de mar.

El cajón de captación tiene la finalidad de materializar la toma de agua de mar y constituye el primer filtro del sistema. Se construirá en hormigón armado. La altura de la captación será como mínimo de 2,0 m sobre el fondo marino. La cota de fondo del cajón será -28m, de manera que la toma de agua de mar se produzca a la cota +/- 25m.

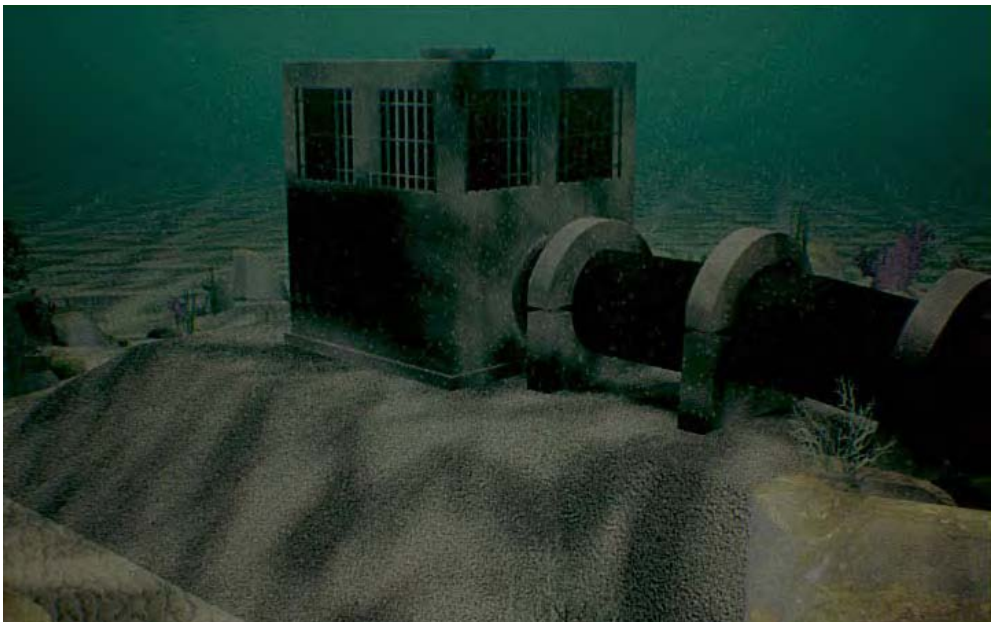


Imagen 10. Cajón de captación.

La tubería de captación tendrá un diámetro de 2.000 mm y un largo de 270 m, será de polietileno de alta densidad (HDPE) y estará anclada al suelo marino mediante muertos de anclaje de hormigón armado.

El pretratamiento se compone de:

- DAF
- Filtros abiertos de lecho mixto arena – antracita

- Microfiltración
- Dosificación de hipoclorito en captación
- Dosificación de ácido sulfúrico
- Dosificación de cloruro férrico
- Dosificación de polielectrolito
- Dosificación de bisulfito sódico
- Dosificación de antiincrustante
- Dosificación de hidróxido sódico

El postratamiento del agua permeada incluye la dosificación de CO_2 y de hidróxido cálcico.

El emisario de salmuera está formado por una tubería de 180m de longitud con difusores y diámetro 1.800mm, hasta alcanzar una profundidad aproximada de 20m.

4.10.- DESALADORA MINERA CANDELARIA

El proyecto de la planta desaladora Minera Candelaria consiste en la instalación y operación de una planta desalinizadora, ubicada en los terrenos en los que actualmente opera el puerto Punta Padrones de Compañía Contractual Minera Candelaria a aproximadamente 3km al sur de la ciudad de Caldera, Comuna de Caldera, Provincia de Copiapó. El proyecto incluye la impulsión hacia sus operaciones mineras situadas en Tierra Amarilla.

Considerando la actual situación hídrica de la cuenca del río Copiapó y su influencia en el desarrollo socio-económico de la comuna, se concluyó que la mejor alternativa corresponde a la opción de incorporar una nueva fuente de agua, a partir de la desalinización de agua de mar.

En la medida que Minería Candelaria incorpore agua procedente de la Planta Desalinizadora a su proceso, habrá una disminución en la misma cantidad de la extracción de agua de sus pozos, ubicados en el Sector 4 de la cuenca del Río Copiapó.

La producción de la planta será en una primera etapa de 300L/s de agua desalinizada de calidad industrial, pudiendo expandirse hasta los 500L/s.

Características de la instalación:

- Estado del proyecto: desaladora en fase de construcción
- Producción estimada: 300L/s ampliable a 500L/s
- Uso del agua: suministro de agua industrial y potable a Minera Candelaria

La captación de agua de mar es abierta con torre de captación a una profundidad de 20 – 25m bajo el nivel del mar. La longitud del inmisario es de 230m aproximadamente.

El pretratamiento consiste en:

- Dosificación de hipoclorito de sodio en captación
- Tamizado
- DAF
- Dosificación floculante y coagulante
- Filtros multilecho desarenador
- Filtros de cartucho
- Dosificación antiincrustante
- Dosificación ácido sulfúrico

- Dosificación de bisulfito de sodio

El proceso de ósmosis inversa constará de tres bastidores operando en paralelo y sistema de recuperación de energía.

El postratamiento del agua permeada consiste en la dosificación de CO_2 y lechada de cal.

El agua de rechazo será almacenada en un estanque de salmuera. El emisario de salmuera está formado por una tubería de 250m de longitud con difusores, hasta alcanzar una profundidad estimada de 2m.

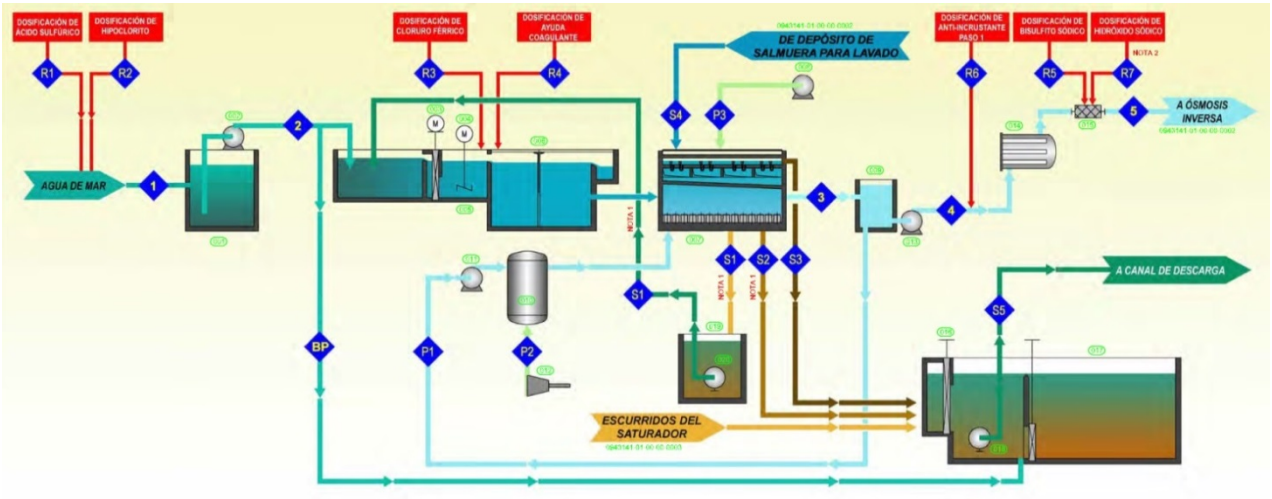


Imagen 11. Diagrama de procesos. Desaladora Minera Candelaria.

4.11.- DESALADORA VALLE DE COPIAPÓ

El Proyecto consiste en la construcción y operación de una planta desaladora de agua de mar, que trasladará el agua desalada hacia la zona del Valle del Copiapó, sector de Tierra Amarilla. Esta planta se instalará en el sector Conchillas, ubicado en las cercanías de Puerto Viejo, aproximadamente 2Km al sur de esta localidad, en la comuna de Caldera. Desde ese lugar se realizará la impulsión de las aguas desaladas para llevarlas a través de una tubería de aproximadamente 88 Km de longitud hasta un estanque de almacenamiento que se ubicará en la comuna de Tierra Amarilla, aproximadamente a 1Km al Este de la localidad de Tierra Amarilla.

El objetivo del Proyecto es desalinizar agua de mar para el abastecimiento de las posibles demandas del sector minero, sanitario, agrícola y otros, del valle del Copiapó, en la Región de Atacama.

El Proyecto se justifica dada la necesidad de satisfacer la creciente demanda de recursos hídricos tanto de la industria minera como de otros sectores del valle de Copiapó, aprovechando el potencial marítimo.

Características de la instalación:

- Fase del proyecto: RCA rechazado en 2011
- Producción estimada: 1.000 L/s
- Uso del agua: cubrir demanda del sector minero, sanitario, agrícola y otros del valle del Copiapó

La captación de agua de mar es abierta con torre de captación. El inmisario tiene una longitud de 700m, diámetro 2m, material HDPE y alcanza una profundidad estimada de 17m.

El pretratamiento consiste en:

- Dosificación de hipoclorito en captación
- Dosificación de bisulfito sódico
- Dosificación de floculante y coagulante
- Dosificación de hidróxido sódico
- Doble etapa de filtros de arena
- Filtros de cartucho
- Dosificación de ácido sulfúrico
- Dosificación de antiincrustante

El postratamiento del agua permeada se realiza mediante torres de dolomita, dosificación de CO_2 e hipoclorito sódico.

El emisario de salmuera se dimensiona de longitud 1.000m, diámetro 1.800mm, hasta alcanzar una profundidad estimada de 20m.

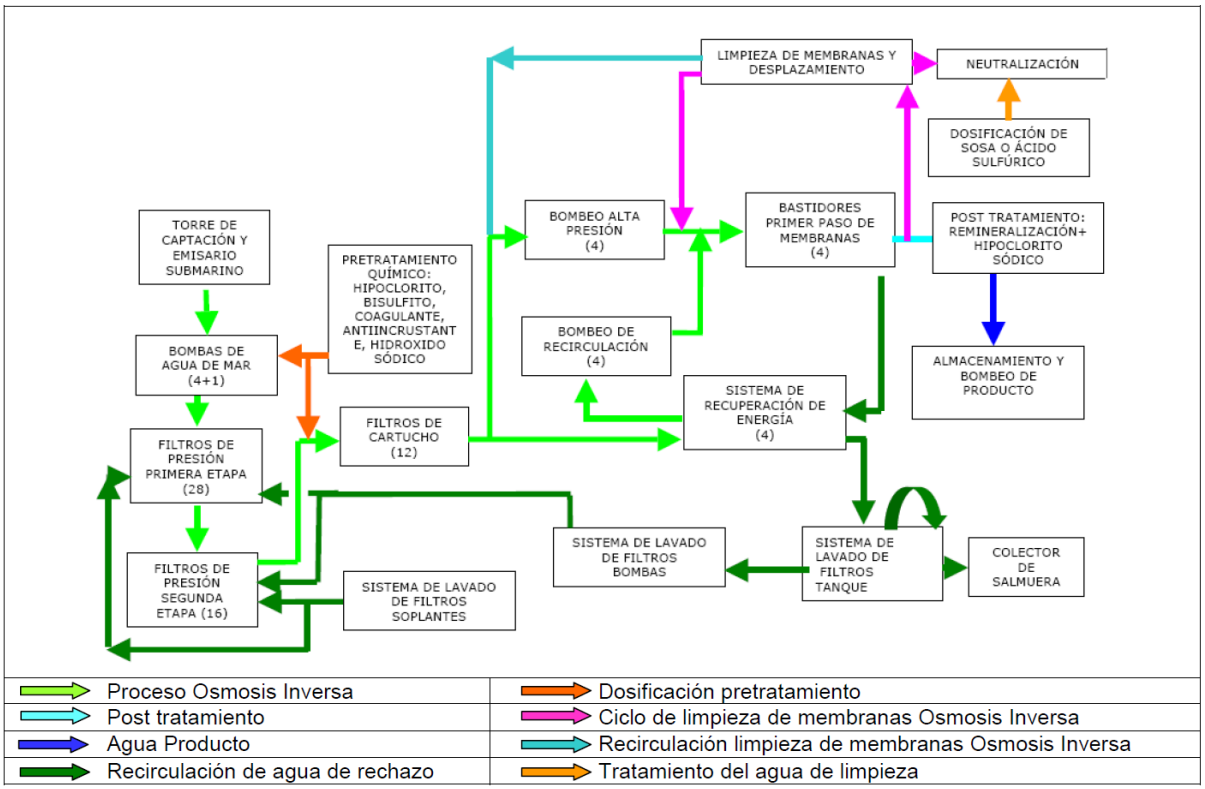


Imagen 12. Diagrama de proceso desaladora Valle Copiapó.

4.12.- DESALADORA PROYECTO EL MORRO

El objetivo del proyecto El Morro es la producción de concentrado de cobre mediante la explotación del yacimiento La Fortuna. El proyecto considera la instalación de una planta desaladora en el sector costero de Totoral, con el objetivo de satisfacer los requerimientos de agua industrial y potable en sus etapas de construcción y operación.

La planta desaladora se ubica a unos 4km al sur de Caleta Totoral y a 140km de Copiapó. Las instalaciones de la desaladora se localizan para no interferir con el área de manejo de recursos hidrobiológicos. Las tuberías de toma de agua de mar y de descarga de salmuera se localizaron fuera de la zona de protección litoral.

La capacidad de producción nominal será de 640L/s. El efluente del proceso (salmuera) será descargado de vuelta al mar con un caudal de 1.389L/s.

La captación de agua de mar será abierta, mediante tubería de HDPE, de 300m de longitud y 1.200mm de diámetro, desde una profundidad de 30m.s.n.m.

Características de la instalación:

- Estado del proyecto: RCA aprobado. **Proyecto paralizado temporalmente por recurso interpuesto por comunidades indígenas.**
- Producción estimada: 640 L/s
- Uso del agua: suministro de agua industrial y potable al proyecto minero El Morro.

El pretratamiento consiste en:

- Tamizado
- Desarenador
- DAF
- Doble etapa de filtración mediante filtros de arena
- Filtración de seguridad por filtros de cartucho
- Dosificación de hipoclorito de sodio
- Dosificación de bisulfito sódico
- Dosificación de hidróxido de sodio
- Dosificación de ácido sulfúrico
- Dosificación de cloruro férrico

El emisario de salmuera está formado por una tubería de 340m de longitud y diámetro 900mm, hasta alcanzar una profundidad estimada de -20m.

5. BIBLIOGRAFÍA

Para la elaboración de este estudio previo, se ha consultado la siguiente bibliografía y documentos:

- Norma Chilena para agua potable NCh409/1.Of2005
- Informe resumen ejecutivo de Estrategia Nacional de Recursos Hídricos en Chile de 2013
- Desaladora la Chimba
    - http://seia.sea.gob.cl/archivos/50f_Capitulos_1_y_2.pdf
    - http://www.emol.com/noticias/economia/2012/09/11/559990/antofagasta-sera-la-primera-ciudad-de-america-latina-abastecida-100-con-agua-desalinizada.html
- Ampliación desaladora la Chimba
    - http://seia.sea.gob.cl/archivos/50f_Capitulos_1_y_2.pdf
    - http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2128416027
- Desaladora Minera Escondida
    - http://seia.sea.gob.cl/archivos/EIA/2012122002/EIA_3606_Descripcion_del_proyecto.pdf
    - http://www.degremont.es/es/index.php/diseno-y-construccion/desalacion-dyc-ref/idam/330-idam-minera-escondida-antofagasta-chile.html
- Desaladora Moly Cop Chile
    - www.e-seia.cl/archivos/digital_322640_322643_1000099.doc
- Desaladora Sector Sur Antofagasta
    - http://seia.sea.gob.cl/archivos/DIA_Desaladora_Sur_Antofagasta_Descripcion_de_Proyecto.pdf
- Desaladora proyecto el Morro
    - https://www.e-seia.cl/archivos/20081114.165140.pdf
    - http://www.defensadelcobre.info/modules.php?name=News&file=print&sid=14068
- Desaladora Minera Candelaria
    - https://www.e-seia.cl/archivos/e72_3536-1000-MM-INF-100-Rev_0.pdf
    - http://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=22/eb/7555fc2b44bbe2749e0bdbbc6ee29c6f626d

- Desaladora Mantoverde
    - https://www.e-seia.cl/archivos/52d_CAP02_-_Descripcion_de_Proyecto.pdf
    - http://atacamamin.atacamamin.cl/atacamamin/wp-content/uploads/2013/05/1-Jorge-Varas.pdf
- Desaladora Valle Copiapó
    - http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=4621156
    - http://www.defensadelcobre.info/modules.php?name=News&file=print&sid=10209

6. CUADRO RESUMEN DESALACIÓN EN CHILE

Nombre	Empresa	Estado	Producción (L/s)	Uso	Captación	Pretratamiento	Acondicionamiento Químico	Postratamiento	Almacenam. (m^3)	Emisario salmuera
Desaladora la Chimba Antofagasta	Aguas Antofagasta	inicio operación en 2003	600	Suministro de agua potable a ciudad de Antofagasta	Toma abierta con torre de captación de hormigón. Tubería de 350m y diámetro 1,6m	Filtros de lecho mixto arena/antracita, una etapa. Filtros de cartucho	Hipoclorito de sodio de choque, ácido sulfúrico, coagulante y floculante (cloruro férrico), metabisulfito de sodio	Filtros de dolomita; Dosificación ácido sulfúrico, hidróxido sódico, fluoruro sódico e hipoclorito	1.800	Emisario submarino de 200m de longitud
Ampliación desaladora la Chimba Antofagasta	Aguas Antofagasta	DIA en proceso	250 (total 850)	Suministro de agua potable a ciudad de Antofagasta	Modificación captación de planta existente	Ampliación planta existente. Ultrafiltración. Filtros de cartucho	Ampliación planta existente	Dosificación CO_2 y sistema de aireación para el estanque de agua tratada		Emisario existente
Desaladora Sector Sur	Aguas Antofagasta	en fase estudio	600	Suministro de agua potable a ciudad de Antofagasta	Torre de captación. Tuberia 830m. Profundidad -20m	Inyección aire en captación. DAF. Filtros de arena. Ultrafiltración. Filtros de cartucho	Hipoclorito en captación	Saturador de cal, dosificación hipoclorito y flúor	5.000	Emisario con difusores, 1,8m diámetro x 266m longitud
Desaladora Minería Escondida	Minería Escondida	en operación desde 2006	520	Cubrir la demanda hídrica de Minería Escondida	Toma abierta	Tamizado. Desarenador. DAF. Filtros de arena (dos etapas). Filtros de cartucho		Remineralizacion		
Ampliación desaladora Minería Escondida	Minería Escondida	en construcción	3.200	Cubrir demanda hídrica de Minería Escondida	Torre de captación. 2 x Tubería de 580m HDPE, a profundidad 26m	Tamizador, desarenador, DAF, Filtros de arena (dos etapas), filtros de cartucho	Hipoclorito en captación, Coagulante, Cloruro férrico, ácido sulfúrico, bisulfito de sodio	Carbonato de sodio y dosificación CO_2	6.000	Dos emisarios con difusores, de 400m de longitud y 1,6m de diámetro, profundidad 20m
Desaladora Moly Cop Chile	Moly Cop Chile	en operación	4,3	Cubrir demanda de agua planta de fabricación de bolas de acero.	Captación desde el condensador de la planta termoeléctrica de Edelnor	Coagulación - floculación. Filtro floculador de lecho de carbón. Filtros multimedia. Filtros de cartucho				Emisario submarino
Desaladora proyecto el Morro	Proyecto el Morro. Goldpro	RCA aprobado. Proyecto paralizado	640	Suministro agua para proyecto minero "El Morro"	Tubería 435m x 1.2m a profundidad 30m	Tamices, desarenador, DAF, doble etapa filtración filtros arena, filtros cartucho	Hipoclorito de sodio, bisulfito sódico, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, cloruro férrico			Emisario de 340m x 0,9m, profundidad 20m
Desaladora Minera Candelaria	Minera Candelaria	en construcción	300 ampliable a 500	Suministro de agua industrial y potable a Minera Candelaria	Torre de captación cota -20m, tubería 230m HDPE	Tamizado, DAF, filtros multilecho desarenador y filtros cartucho	Hipoclorito, floculante, coagulante, ácido sulfúrico, bisulfito sódico	Lechada de cal y CO_2		Estanque acumulación, emisario de 250m de longitud, profundidad -20m

Nombre	Empresa	Estado	Producción (L/s)	Uso	Captación	Pretratamiento	Acondicionamiento Químico	Postratamiento	Almacenam. (m^3)	Emisario salmuera
Desaladora Mantoverde	Anglo American	en construcción	120	Suministro de agua industrial para la División Mantoverde	Torre de captación cota -20m, tubería 330m HDPE	Filtros multilecho, doble filtración, filtros de cartucho	Bisulfito sódico, hipoclorito, floculante, coagulante, sulfúrico			Estanque acumulación, emisario de 600m de longitud
Desaladora Valle de Copiapó	Agbar Chile	rechazado en 2011	1.000	Cubrir demanda hídrica del valle del Copiapó	Torre de captación profundidad -17m, tubería 700m x 2m	Dos etapas filtros arena. Filtros cartucho	Hipoclorito de sodio, bisulfito sódico, hidróxido de sodio, coagulante, sosa, sulfúrico	Torres de dolomitas y CO_2	5.000	Emisario de 1.000m x 1,8m, profundidad -20m
Desaladora CAP - Punta Totoralillo	CAP S.A.	RCA aprobado - 2013	625	Industria minera	Cajón de captación cota 25m. Tubería 270m x 2m HDPE	DAF, filtros abiertos delecho mixto arena - antracita, microfiltración	Hipoclorito, ácido sulfúrico, cloruro férrico, polielectrolito, bisulfito sódico, hidróxido sódico	CO_2, hidróxido cálcico		Tubería con difusores, 180m x 0,8m, profundidad 20m
Desaladora Radomiro Tomic	Codelco	en fase de licitación	1.960	Suministro de agua para Proyecto de Explotación de Sulfuros Radomiro Tomic	Abierta. 2 torres de captación a 740m de la costa, a cota 28m. Inyección de aire anti medusas	DAF. Filtros auto limpiable. Ultrafiltración. filtros de cartucho	Hipoclorito en captacion	Dosificacion CO_2. Saturador de cal	2 x 5.000	Emisario con difusores. 1,8 x 480m, profundidad 20m

5.- INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

01PR14-2008-Integracion Paisajistica_rv00.pptx

MODELOS CONSTRUCTIVOS E INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA DE PLANTAS DESALADORAS

Estudio Técnico-Económico Comparativo entre la Instalación de una Planta Desaladora y una Planta de Reutilización de Aguas Depuradas.

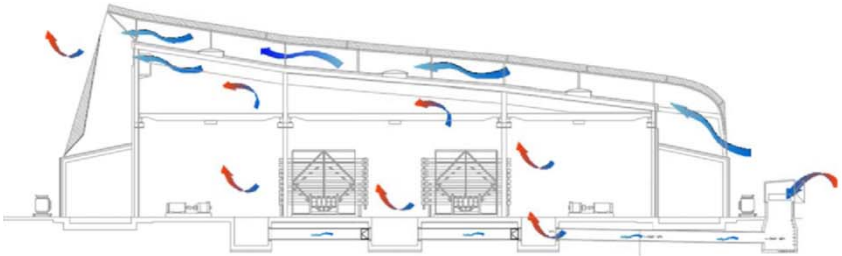
CORPORACION REGION Coquimbo

La Serena – Coquimbo

Julio - 2014

Kacst Solar Desalination Plant – Arabia Saudí

Kacst Solar Desalination Plant – Arabia Saudí



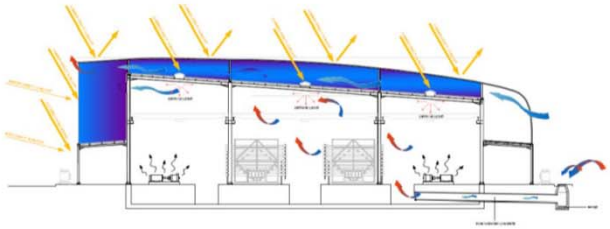


Image 20.

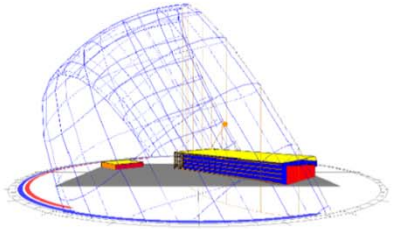
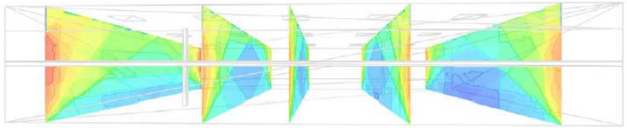
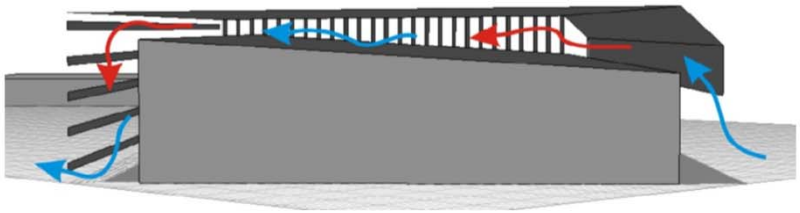
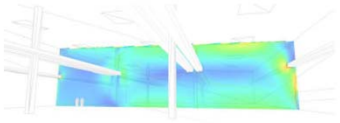


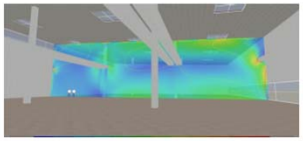
Image 21.

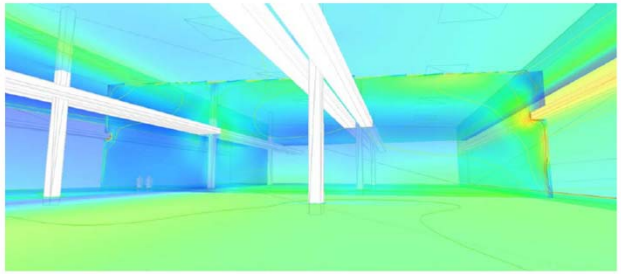




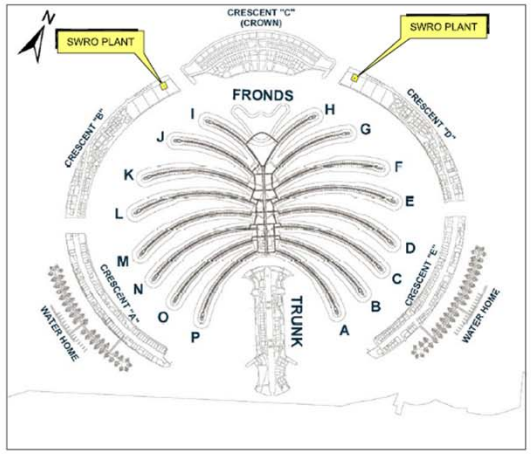


Diseño Bioclimático

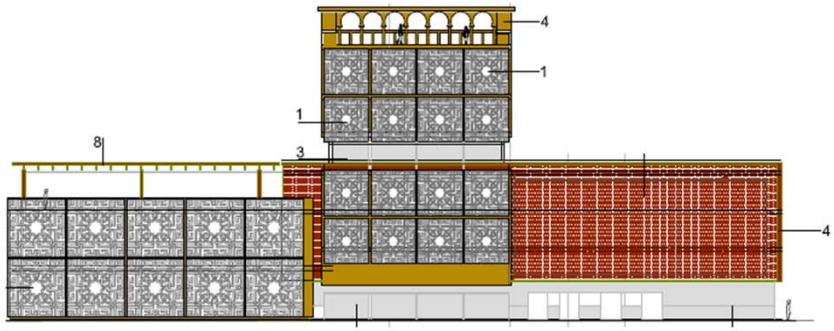


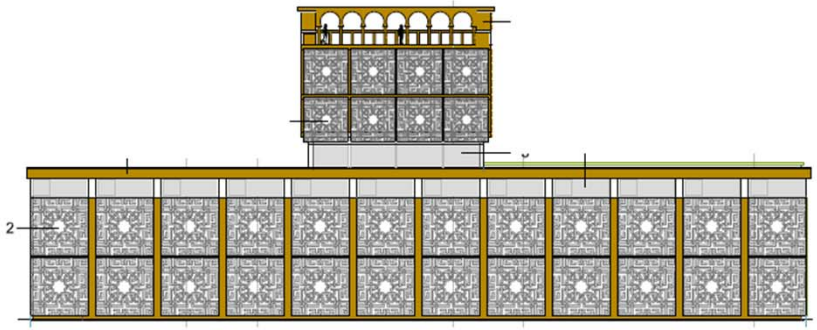


Proyectos de licitación

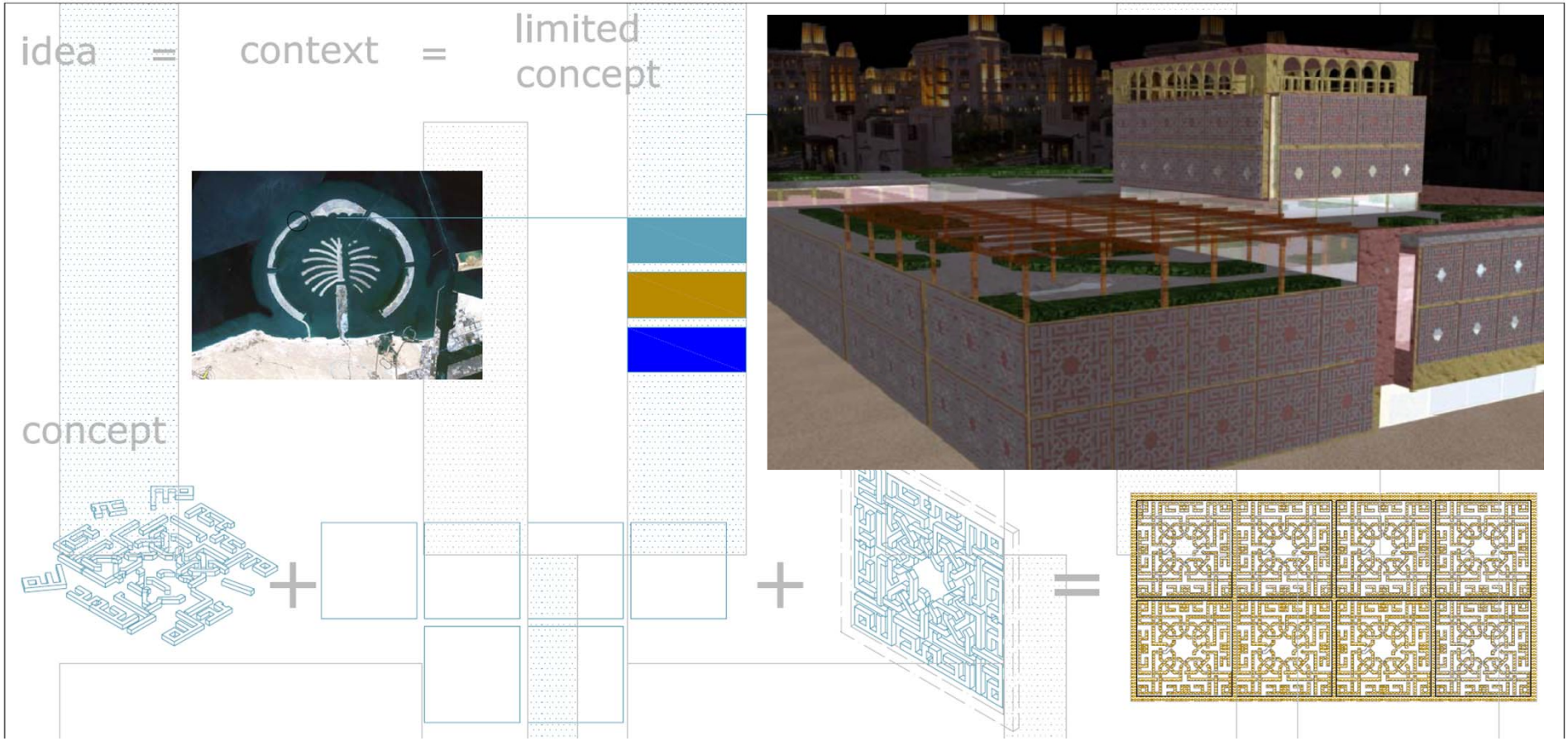


Desaladora Palm Jebel Ali - Dubai





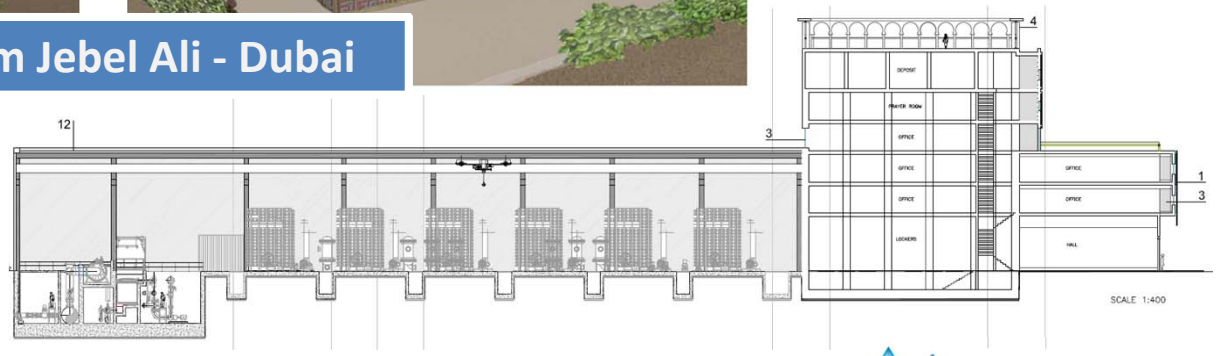
Proyectos de licitación



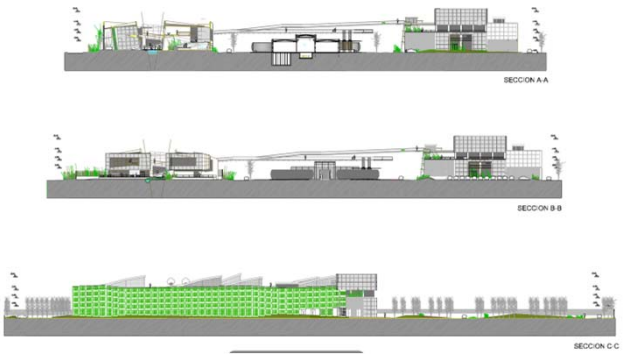
Desaladora Palm Jebel Ali - Dubai

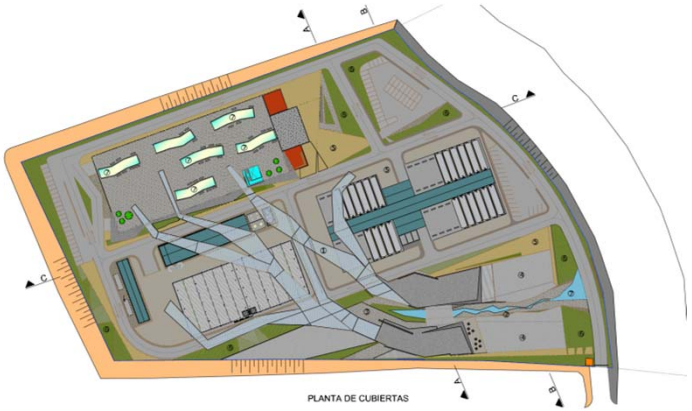
Proyectos de licitación

Desaladora Palm Jebel Ali - Dubai



Proyectos de licitación





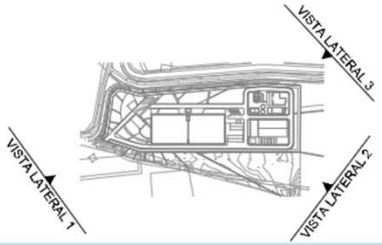
Desaladora Costa del Sol - España

Proyectos de licitación

Desaladora de Mutxamel - España

Proyectos de licitación

VISTA AÉREA DE LA OBRA PROYECTADA



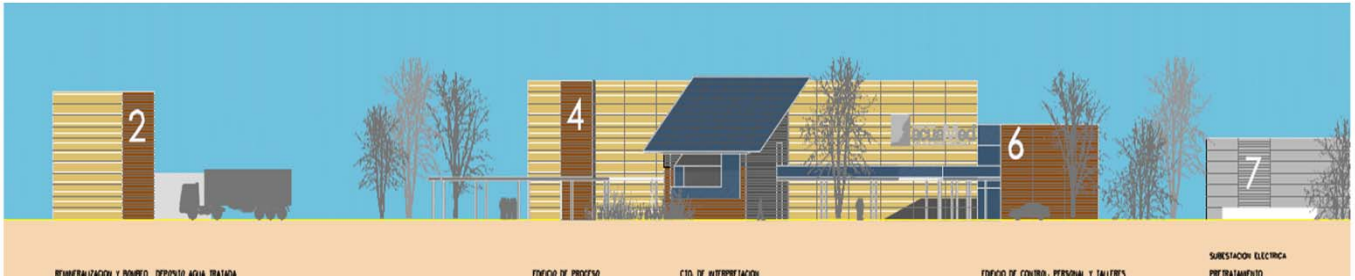
VISTA LATERAL 2

VISTA LATERAL 1

Desaladora de Sagunto - España

Proyectos de licitación

Desaladora de Denia - España



Proyectos de licitación

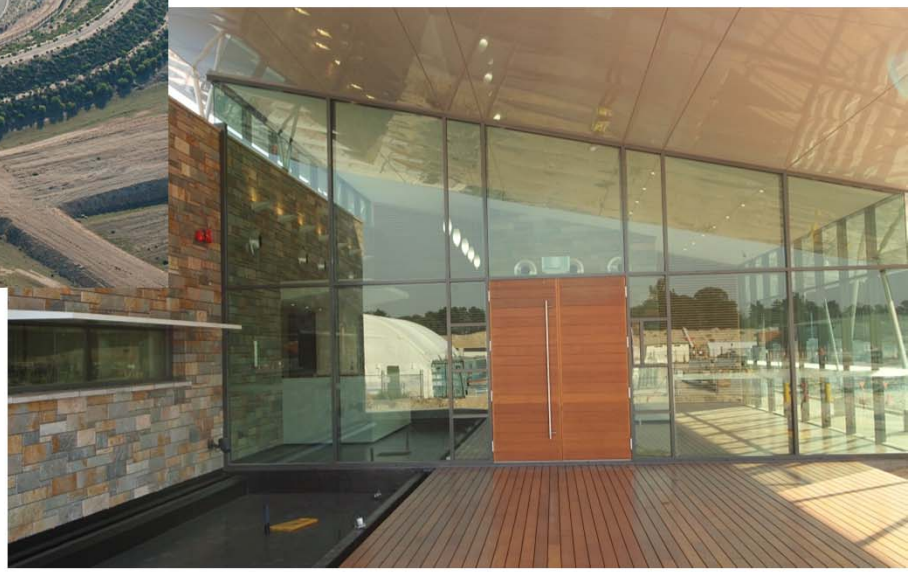
Desaladora de Abrera - España

Desaladora de Águilas - España

Plantas desaladoras existentes

Desaladora de Águilas - España

Plantas desaladoras existentes



Desaladora de Perth - Australia

Plantas desaladoras existentes

Desaladora Rambla Morales - España

Equipos de proceso

Planta Desaladora de Barcelona, España

Planta Desaladora de Alicante II, España *(cortesía Acuamed)*

Al Shoaibah Desalination Plant, Arabia Saudi

6.- INFORME TÉCNICO DE IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE REUTILIZACIÓN

01PR14-2201-RU_Informe_rv01.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: INFORME TÉCNICO DE IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE REUTILIZACIÓN

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2201-RU_Informe_rv01.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	MCM	02-07-14				
01	MCM	23-07-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. INFORME TRADE-OFF 4

1.1.- TIPOS DE REUTILIZACIÓN 4

1.1.1.- Tipo 1 4

1.1.2.- Tipo 2 4

1.1.3.- Tipo 3 5

1.1.4.- Tipo 4 5

1.1.5.- Tipo 5 5

1.1.6.- Tipo 6 6

2. TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y LODOS 6

3. ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA 7

4. USO DEL AGUA REUTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO 8

5. CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO 9

6. USO DEL AGUA REUTILIZADA PARA INDUSTRIA MINERA 11

7. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES 12

7.1.- DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO TIPO 1 13

7.1.1.- Datos de partida 14

7.1.2.- Línea general de tratamiento 14

7.1.3.- Descripción general de la instalación 16

7.1.4.- Principales características de equipos e instalaciones de UF de 2ª Etapa 42

7.1.5.- Instalaciones eléctricas, control e instrumentación 46

7.2.- DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO TIPO 2 49

7.2.1.- Datos de partida 49

7.2.2.- Línea general de tratamiento 49

7.2.3.- Descripción general de la instalación 50

7.3.- EJEMPLO DE PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES CON TRATAMIENTO SECUNDARIO 67

7.3.1.- Datos de partida 68

7.3.2.- Línea general de tratamiento 68

1. INFORME TRADE-OFF

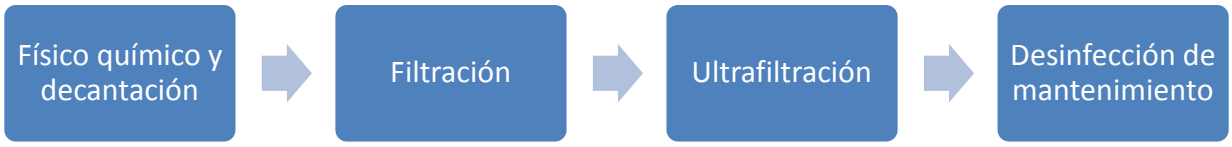
El objeto del presente informe es el estudio de la viabilidad técnico-económica en términos de construcción y gestión (explotación y mantenimiento) de un tratamiento terciario para 1.000 L/s de agua residual tratada, para su posterior aprovechamiento (reutilización).

1.1.- TIPOS DE REUTILIZACIÓN

La línea de tratamiento terciario (tratamiento de reutilización) deberá diseñarse en función del uso a que se quiera destinar el agua tratada (minería, agricultura, industria,…) condicionado por los parámetros de calidad exigidos y la legislación aplicada.

A continuación se exponen de forma general los tipos de tratamiento que vamos a distinguir.

1.1.1.- Tipo 1

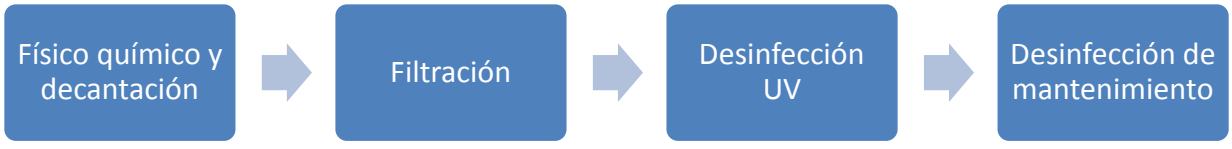


Se caracteriza por la necesidad de **ausencia de E. coli** en el agua tratada, por lo que se puede usar para:

- Torres de refrigeración y condensadores evaporativos (uso industrial).
- Uso residencial (Riego de jardines privados y recarga de cisternas).
- Recarga de acuíferos mediante inyección directa (uso ambiental).

Dependiendo de la calidad del agua, puede sustituirse la decantación por dosificación de coagulante y floculante (físico-químico) en línea sobre el sistema de filtración. Igualmente, en el caso de la filtración previa a la Ultrafiltración, puede decidirse entre una filtración sobre lecho filtrante o una microfiltración autolimpiable (de mallas, anillas, etc.) para la protección de las membranas de UF.

1.1.2.- Tipo 2



Son usos que requieren valores máximos de **E.coli de ≤ 100UFC/100 ml**, esto es:

- Servicios urbanos.
- Riego de cultivos para consumo.
- Aguas de proceso y limpieza en la industria alimentaria.
- Riego de campos de Golf.

1.1.3.- Tipo 3

Este diseño consigue una calidad de **E.coli ≤ 1000 UFC/100 ml**, lo cual es válido para los siguientes usos:

- Cultivos leñosos ornamentales, no alimentarios.
- Aguas de proceso y limpieza y otros usos industriales.
- Estanques, caudales ornamentales con acceso prohibido al público.
- Riego de bosques, zonas verdes no accesibles al público, silvicultura.

1.1.4.- Tipo 4

No se deben cumplir límites bacteriológicos, como por ejemplo para el riego de bosques y zonas verdes y de otro tipo sin acceso de público y la silvicultura.

1.1.5.- Tipo 5

Este tipo de tratamiento es necesario cuando hay que eliminar sales. Es válido para todas las calidades exigidas, ya que el efluente es de máxima calidad.

1.1.6.- Tipo 6

Necesita una filtración previa a la etapa de EDR que permita limpiezas en continuo.

2. TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y LODOS

La planta de reutilización de agua genera unos residuos que son los siguientes (dependiendo del tipo de instalación):

1) Agua de lavado de filtros.
2) Agua de rechazo de las membranas de MF, UF o de OI.
3) Lodos generados en el tratamiento físico-químico y recogidos en el fondo del decantador o por la superficie del flotador.
4) Rechazos de las limpiezas químicas de las membranas.

En este caso además, habría que realizar una estimación del volumen generado de fangos y residuos para enviar a vertedero.

En el caso desfavorable de que la planta de reutilización esté instalada lejos de la planta de tratamiento de agua residual, sería necesario disponer de las siguientes instalaciones:

1) Almacenamiento, espesado y deshidratación de fangos.
2) Tratamiento del agua de lavado de filtros para su reutilización como agua bruta.
3) Corrección de pH y reducción de SS en el agua procedente de limpiezas químicas de las membranas, antes de reutilizarlas de nuevo como agua bruta.

En el caso más favorable de que el tratamiento terciario se ubique exactamente dentro de una estación de tratamiento de aguas residuales existente, el destino de estos rechazos sería el siguiente:

1) Agua de lavado de filtros o rechazo de membranas: se enviaría a cabecera de la planta depuradora.
2) Fangos obtenidos en el tratamiento físico-químico; se enviaría a la línea de tratamiento de lodos de la EDAR.

3) Agua de limpieza química de membranas; tras su corrección de pH, se enviaría a cabecera de la planta depuradora.

3. ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

El sistema de tratamiento de reutilización entregará el agua a los tanques de almacenamiento, desde los cuales se alimentará el sistema de impulsión.

La capacidad de almacenamiento de los tanques de agua producto debe ser calculada mediante el análisis de:

- Operación de la planta de reutilización:
  - producción nominal,
  - horarios de funcionamiento,
  - factor de operación anual,
  - paradas por mantenimiento,
  - paradas no programadas.
- Operación del sistema de impulsión:
  - capacidad nominal,
  - estimación de horarios de funcionamiento,
  - factor de operación anual,
  - paradas por mantenimiento,
  - paradas no programadas,
  - capacidad de almacenamiento del sistema de impulsión.
- Consumo estimado de agua reutilizada: nominal, estacional, horario,…
- Reserva de agua necesaria para asegurar el suministro de agua reutilizada, en caso de una parada no programada de la planta.

Según esto, el almacenamiento de agua reutilizada es una instalación que debe diseñarse para compatibilizar la operación de la planta de tratamiento con la operación del sistema de impulsión de agua, aportando flexibilidad al funcionamiento global de la instalación.

4. USO DEL AGUA REUTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO

De forma general, se descarta el uso del agua reutilizada para el consumo humano, **siempre que haya otras fuentes alternativas**. En este sentido cabe destacar los siguientes comentarios:

- No todos los procesos de reutilización producen agua cumpliendo con todos los parámetros de la legislación de agua potable. El tratamiento terciario debe ser mediante membranas.
- Aunque técnicamente se consiga un agua reutilizada que cumpla con la legislación de agua potable, son muchos los riesgos asumidos por la multitud de parámetros que deberían verificarse y garantizarse para evitar una contaminación.
- Ejemplos de reutilización indirecta por la escasez de otras fuentes de agua podrían ser California e Israel donde se inyecta el agua a los acuíferos. Esta situación obliga a controles severos para garantizar el uso del agua extraída para su posterior uso y evitar la contaminación del acuífero.

La reutilización de aguas residuales para consumo humano puede realizarse de forma directa o indirecta.

La **reutilización indirecta** consiste en inyectar el caudal de agua depurada en un acuífero, del que luego se captará agua para su potabilización.

Los inconvenientes de emplear la reutilización indirecta son:

- Los sistemas de infiltración pueden requerir grandes extensiones de terreno.
- La construcción de pozos de inyección y la energía requerida para la recarga podrían suponer un elevado coste.
- La recarga con agua residual puede suponer un aumento de riesgo de contaminación de los acuíferos. Se debe tener en cuenta que recuperar un acuífero contaminado es un proceso largo y costoso.
- Los contaminantes en el subsuelo están sujetos a multitud de procesos, lo que dificulta el estudio del problema y su correcta monitorización.
- No permite hacer frente a aumentos grandes y repentinos de la demanda de agua, debido a la inercia de agua en el subsuelo.

En la **reutilización directa**, la planta de reutilización suministra a la red de agua potable. El coste de este tratamiento es muy elevado, porque el agua producto debe cumplir con la legislación de agua potable, tanto en calidad como en monitorización de todas las variables.

Actualmente, la ciudad de Windhoek en Namibia y varias ciudades de Singapur emplean agua reutilizada para potable, pero solamente durante largos periodos de sequía.

Cabe destacar el problema social debido al más que probable rechazo de la población a consumir agua reutilizada.

Además de criterios sociológicos y sanitarios aplicados en otros países, en Chile no existe normativa específica para la reutilización de aguas. En estos momentos es un reto el desarrollo de un marco legal para poder reutilizar el agua para usos agrícola y uso industrial.

En España se prohíbe la reutilización directa e indirecta de aguas residuales depuradas.

Por todo esto, el estudio de reutilización se centra en la producción de agua para uso agrícola y uso industrial. Se descarta el uso de agua reutilizada para uso sanitario.

5. CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

La Norma Chilena Oficial que describe los requisitos de calidad de agua para riego es la norma NCh 1333.Of78, modificada en 1987.

Esta normativa establece los requisitos de calidad del agua de acuerdo a su uso. La modificación de 1987 incluye el texto siguiente:

> *"El Ministerio de Obras Públicas podrá autorizar valores mayores o menores para los límites máximos de cada uno de los elementos de la tabla 1, mediante Resolución fundada en aquellos casos calificados que así lo determinen".*

Los requisitos del agua para riego se detallan en la "T*abla 1 – Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego"*. La tabla siguiente resume la calidad de agua bajo esta normativa, junto a la norma chilena NCh 409/1.OF.2005, los valores de la Organización Mundial de la Salud para agua potable y las características consideradas por Aqua Advise para agua potable en este Estudio.

Parámetro	Unidad	Norma Chilena NCH409/1. Of.2005	OMS Valor límite para la salud	OMS - Valor aceptabilidad consumo	Norma Chilena NCH1333 para Riego	Desalación Estudio "La Serena"
pH		6,5-8,5	-	6,5-8	5,5 – 9	**6,5-8**
TDS	mg/L	<1500	-	<1000	<1000	**<1000**
Turbiedad	NTU	≤ 2	-	<0,1	-	**<0,1**
Cloro libre	mg/L	0,2 – 2,0	0,6-1,0	-	-	**0,6-1,0**
Boro	mg/L	-	<0,5	-	**<0,75**	**<1,0**
Cd	mg/L	<0,01	<0,003	-	<0,010	**<0,003**
Cr total	mg/L	<0,05	<0,05	-	<0,10	**<0,05**
F^-	mg/L	<1,5	<1,5	-	**<1,00**	**<1,5**
Pb	mg/L	<0,05	<0,01	-	<5,00	**<0,01**
Zn	mg/L	<3	-	<4	**<2,00**	**<3**
Cu	mg/L	<2	<2	<0,1	<0,20	**<0,1**
Fe	mg/L	<0,3	-	<0,3	<5,0	**<0,3**
Mn	mg/L	<0,1	<0,4	<0,1	<0,20	**<0,1**
Ni	mg/L	-	<0,07	-	<0,20	**<0,07**
Hg	mg/L	<0,001	<0,006	-	<0,001	**<0,001**
Se	mg/L	<0,01	<0,01	-	<0,020	**<0,01**
Compuestos fenólicos	µg/L	<2	<0,1	-	-	**<0,1**
Nitratos	mg/L	<50	<50	-	-	**<50**
Nitritos	mg/L	<3	<3	-	-	**<3**
Color	TCU	<20	-	<15	-	**<15**
Olor y sabor		inodora e insípida	-	inodora e insípida	-	**inodora e insípida**
Cloruros	mg/L Cl	<400	<250	-	**<200**	**<250**
Sulfato	mg/L SO_4	<500	-	<250	<250	**<250**
Coliformes totales	CFU/100mg	ausente en 100mL	ausente en 100mL	-		**ausente en 100mL**
Amoniaco NH_3	mg/L	<1,5	-	<1,5		**<1,5**
Magnesio	mg/L	<125	-	-		**<125**

Tabla 1. Parámetros agua potable y agua para riego.

6. USO DEL AGUA REUTILIZADA PARA INDUSTRIA MINERA

Se incluye la información facilitada por la asociación minera CORMINCO, del "I Seminario - Uso Eficiente del Agua y propuestas Innovadoras para Mejorar la Gestión", de septiembre de 2012.

De la documentación del seminario, se extrae la tabla siguiente, donde se resume la demanda hídrica actual y futura de CORMINCO.

Minera	Demanda actual [L/s]	Demanda futura [L/s]
Cía. Minera San Gerónimo	55	110
Minera Dayton	25	25
Minera Teck CDA	340	470
CAP Minería	62	88
Minera Talcuna	16	25
Minera Linderos	7	11
Minera Altos de Punitaqui	40	40
Minera Cruz	26	46
Minera Los Pelambres	680	829
Minera Vale	12	20
XSTRATA Copper		
TOTAL	**1.263**	**1.676**

7. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

A continuación se van a describir los sistemas de tratamiento terciario para reutilización esbozados en los apartados anteriores. Dada la distancia entre las actuales plantas de tratamiento primario de La Serena y Coquimbo, y partiendo de la hipótesis de la necesaria implantación de un proceso de depuración, se recomienda la instalación de dos plantas de tratamiento para reutilización de 500 L/s (una en cada ubicación), lo cual tiene las ventajas adicionales de:

- Flexibilidad en la construcción (se puede hacer por fases) y operación.
- Proximidad a los puntos de consumo de agua reutilizada (mejor distribución).
- Mejor acoplamiento entre la producción de la ETAR y la planta de tratamiento terciario.

Por tanto se va a describir en detalle una planta de tratamiento de 500 L/s para las dos opciones consideradas las mejores soluciones, es decir, planta TIPO 1 (membranas) y TIPO2 (terciario convencional con coagulación-floculación, filtración y desinfección).

Debe destacarse que estas instalaciones de tratamiento terciario están destinadas a mejorar la calidad de agua con destino a regadío u otros usos urbanos o industriales, a partir de un agua residual ya depurada mediante tratamiento secundario. Tanto la ETAR de Coquimbo como la ETAR de La Serena, cuentan actualmente con tratamiento primario, por lo que sería necesaria la ampliación o mejora de estas instalaciones incluyendo tratamiento secundario o bien la construcción de una/s nueva/s ETAR. A modo ilustrativo, se describirá también en este documento una ETAR de 500 l/s con tratamiento secundario junto con una estimación de la inversión. Si las ETAR existentes están en buen estado de funcionamiento, y solo se ampliaran o mejoraran con un tratamiento secundario, la inversión lógicamente será inferior.

La calidad típica del agua residual esperable en estas plantas de tratamiento terciario y que debería proceder de un tratamiento secundario, se expresan en la siguiente tabla.

Parámetro	Valor	Unidades
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5)	≤ 25	mg O_2/l
Sólidos en suspensión (SS)	≤ 25	mg SS/l
pH	6-8	
Nitrógeno total (Nt)	≤ 15	mg Nt/l

Tabla 2. Calidad planta tratamiento terciario.

Y a la salida del tratamiento terciario, debería exigirse al menos los siguientes parámetros (esto debe entenderse como valores orientativos, ya que dependerá de la legislación aplicable, el uso del agua, etc.):

Parámetro	Valor	Unidades
Turbidez media diaria	≤ 2	NTU
Turbidez instantánea	≤ 5	NTU
Coliformes totales	≤ 2.2	UFC/100 ml (media muestras integradas)
Inactivación de virus	Cuatro unidades logarítmicas (99.99%)	Basado en polivirus

Tabla 3. Calidad agua salida tratamiento terciario.

7.1.- DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO TIPO 1

A continuación se va a describir la instalación necesaria para el tratamiento terciario de agua residual para su posterior reutilización, mediante tecnología de membranas (la definida como TIPO 1).

Algunas de las ventajas de los tratamientos terciarios mediante membranas, son las siguientes:

- Es una barrera positiva contra partículas y patógenos.
- Producción fiable con un agua de calidad significativamente superior a la de los tratamientos convencionales.
- Diseño modular simple, ideal para futuras ampliaciones.
- Alta capacidad en un reducido espacio (reducido “footprint”).
- Requerimientos químicos inferiores.

Como contrapartida, tiene unos costes de inversión más elevados y las membranas pueden sufrir problemas de ensuciamiento, si el pretratamiento no es adecuado o si no se operan correctamente.

Un problema adicional es que las membranas de ultrafiltración actuales no son intercambiables, ya que cada fabricante las instala en módulos de diferente configuración y trabajando en condiciones distintas (presión, flujos, caudales, necesidades de aire, limpiezas, etc.). Por tanto, instalado un sistema, no es posible o es de elevado coste, reconvertirlo a otro sistema distinto.

7.1.1.- Datos de partida

El agua a tratar tiene su origen en las ETAR de Coquimbo y La Serena. Desde éstas, el agua se conducirá por gravedad o bien mediante bombeo hasta las futuras plantas de tratamiento terciario, cada una diseñada para un caudal de 500 l/s.

7.1.2.- Línea general de tratamiento

Se ha proyectado una solución cuyas instalaciones y obras necesarias para el tratamiento del agua influente son las siguientes:

Línea de Agua

- Medida de caudal de agua bruta.
- Obra de llegada con sistema de control y regulación de caudal.
- Tamizado del agua bruta.
- Depósito regulador de agua bruta.
- Válvula de regulación del caudal de tratamiento de la planta.
- Medida del caudal de agua bruta a tratamiento.
- Cámaras de mezcla de reactivos (2 unidades).
- Dosificación de reactivos para la coagulación de sólidos disueltos o coloidales.
- Cámaras de floculación (2 unidades).
- Decantación lamelar (opcional)
- Filtros de arena silícea (4 unidades).
- Sistema de membranas de Ultrafiltración.
- Bombas de permeado de la ultrafiltración de 1ª y 2ª etapas.
- Desinfección final

Línea de fangos (de instalación opcional)

- Depósito de homogeneización del rechazo de la 1ª etapa de ultrafiltración e incorporación a la 2ª etapa de ultrafiltración para su concentración y recuperación de clarificado a la línea de agua.
- Recogida y homogeneización del agua de lavado de los filtros de arena en el depósito regulador de agua de lavado.
- Bombeo de recuperación del agua de lavado de filtros de arena a la entrada de los dos compartimientos del depósito de agua bruta.
- Bombeo de los fangos del agua de lavado de los filtros de arena activo al depósito de homogeneización de fangos o al canal de alimentación a la ultrafiltración de 2ª etapa.
- Almacenamiento del rechazo de la 2ª etapa de ultrafiltración en el propio tanque de membranas y envío del mismo por gravedad al depósito de homogeneización de fangos.
- Depósito de homogeneización y laminación de caudales de fangos y bombeo a flotación.
- Preparación, almacenamiento y dosificación de floculante para el espesamiento de fangos por flotación.
- Concentración de fangos en espesadores por flotación (3 unidades).
- Depósito tampón de fangos flotados.
- Alimentación de fangos espesados a centrífugas de deshidratación.
- Preparación, almacenamiento y dosificación de floculante para la deshidratación de fangos.
- Deshidratación de fangos en decantadoras centrífugas.
- Bombeo de fangos deshidratados a silo de almacenamiento.
- Almacenamiento de los fangos deshidratados en un silo para su descarga a camiones para su disposición final.
- Los clarificados de la centrifugadora de secado de fangos irán a parar al depósito de homogeneización de fangos.

Hay que tomar la decisión de si se construye o no la línea de fangos: al estar la planta situada al lado de la ETAR habría que ver si ésta puede asumir estos fangos, ampliando la línea de fangos.

7.1.3.- Descripción general de la instalación

Obra de llegada

En el caso de llegar bombeada, el agua entra en una cámara de llegada, provista de válvula reguladora de mariposa servomotorizada y aliviadero de seguridad. Estará dotada asimismo de caudalímetro electromagnético para medición y registro del caudal de agua de entrada.

Dependiendo de las cotas de la parcela, ETAR existente y uso del agua, habrá que estudiar la línea piezométrica de la planta y ver dónde o si es necesario incorporar algún bombeo intermedio.

Tamizado

Para evitar problemas en siguientes pasos de la línea de agua, y proteger las membranas se plantea la colocación de tres (dos en funcionamiento) tamices en la obra de llegada, previos al depósito regulador de agua bruta, del tipo de chapa perforada a media cara de 1 mm de luz libre de paso y un sistema de rasquetas de cepillos rotativos como sistema de limpieza. El tamizado se proyecta sobredimensionado para un caudal de 750 l/s.

Los sólidos retenidos son arrastrados fuera del tamiz por el juego de cepillos giratorios y caen sobre cuatro tornillos transportadores - compactadores, comunes a los microtamices, para ser evacuados a un contenedor metálico de 4 m^3 de capacidad.

Depósito de regulación de agua bruta

Se prevé la construcción de un depósito de agua bruta para la regulación del caudal de aporte al tratamiento terciario, ya que los caudales de agua residual procedentes de la ETAR son variables a lo largo del día, y conviene garantizar el aporte más o menos continuo de agua al tratamiento. El depósito regulador de agua bruta se diseña en principio con forma rectangular, con una capacidad final de 10.000 m^3 repartidos en dos vasos de 5.000 m^3 cada uno, lo cual permitirá flexibilizar la explotación. El depósito tiene unas dimensiones interiores de 40,75 m x 26,80 m en cada vaso, que ofrecen el volumen requerido de 10.000 m^3. La lámina máxima de agua prevista en cualquier caso es de 4,75 m (altura a que se coloca el labio del aliviadero, y con la que debe de calcularse el depósito).

Las dimensiones exteriores del depósito son de 83,50 m x 27,80 m, contando además con una cámara de válvulas (salida del depósito) interior al mismo, con unas dimensiones de 7,00 m x 9,50 m. También se alojan en esta cámara las tuberías de vaciado del depósito así como la válvula de regulación de caudal a la planta de tratamiento.

Regulación y medida de caudal

En la salida del Depósito de Agua Bruta se instala la medida de caudal, la válvula reguladora, un filtro de protección de la válvula reguladora, dos válvulas de aislamiento de los compartimentos y una válvula de seguridad de tipo mariposa neumática, que cerrará en caso de fallo de la corriente eléctrica.

Se ha proyectado un caudalímetro electromagnético y una válvula reguladora de tipo multichorro con su by-pass correspondiente, que permite limitar el caudal de entrada a la Estación de Tratamiento.

La medida de caudal enviará su señal 4-20 mA a la Sala de Control donde se indicará y totalizará.

Tratamiento físico-químico. Cámaras de mezcla y floculación

El agua procedente del tanque de almacenamiento de agua bruta se descarga en un pretratamiento químico con adición de reactivos, para la desestabilización de cargas y la formación de coágulos, así como la continuación de la oxidación de otras sustancias como hierro y manganeso para la formación de precipitados a retener en la ultrafiltración posterior.

Cámaras de mezcla

Se proyectan dos cámaras de mezcla rápida de dimensiones 3 m x 3 m x 3,20 m de altura total donde se realizará la mezcla del agua bruta con los reactivos dosificados.

El aislamiento de las cámaras de mezcla se realiza mediante dos (2) compuertas murales motorizadas de 0,8 x 0,8 m^2.

La altura útil de reacción será de 2,50 metros, siendo el volumen útil unitario de reacción 22,5 m^3, y el tiempo de retención de 90 seg.

La energía necesaria para la mezcla la suministramos por dos agitadores rápidos de 2,20 kW de potencia unitaria.

El agua con reactivos sale por vertedero pasando a continuación a las cámaras de floculación.

Cámaras de floculación

Se disponen dos cámaras de floculación de dimensiones unitarias 7,5 m x 7,5 m x 4,50 m de altura útil, con un volumen unitario de 253 m^3, proporcionando un tiempo de retención de 15 minutos. Las cámaras están dotadas de un agitador lento de potencia 1,10 kW.

La entrada al floculador se realiza por orificio sumergido desde la coagulación. El agua floculada vierte en un canal común desde donde parte una conducción que va a parar a la ultrafiltración.

Las cámaras de floculación, al igual que las de mezcla, disponen de su propio vaciado, que va a parar a la red de drenajes y vaciados.

Se prevé, asimismo, el by-pass de las cámaras de mezcla y floculación mediante una compuerta motorizada.

Decantación lamelar (de instalación opcional)

El tratamiento físico-químico debe tener una etapa posterior de separación de los sólidos generados por la dosificación química. Esto puede hacerse mediante decantación (bien convencional o bien lamelar, para reducir la superficie instalada), flotación, o por la simple coagulación on-line sobre los filtros de arena posteriores. La inclusión del sistema de decantación dependerá de la calidad del agua a tratar y podrá ser decidido durante la ingeniería de diseño del sistema. Otra opción es la de dejar el espacio disponible para su implantación dentro de la parcela de las instalaciones e instalarlo en el futuro si la calidad del agua empeorara o hubiera que realizar ampliaciones de la planta.

Filtración

Con el fin de proteger las membranas del ensuciamiento, se considera importante diseñar una etapa previa de filtración para retener los sólidos en suspensión procedentes del agua bruta, así como los generados en el tratamiento físico-químico con coagulación-floculación. Alternativamente (o adicionalmente) se podría haber decidido instalar un sistema de decantación lamelar o flotación DAF, pero la filtración sobre lecho profundo garantiza una mayor eliminación de coloides y mejor calidad de agua de alimentación a membranas.

Otra opción podría ser la de instalar como sistema de protección de las membranas una microfiltración en continuo de tipo autolimpiante o algún sistema de filtración sobre mallas, aunque esta decisión debe tomarse durante el proceso de realización del proyecto de construcción, en base a criterios técnicos, económicos, etc, pero sobre todo basado en las características del agua a tratar.

Descripción

Se ha diseñado una instalación de filtración sobre lecho profundo de arena silícea de granulometría 8-10 mm a una velocidad moderada de filtración (< 10 $m^3/h.m^2$).

La alimentación a los filtros activo se realiza a través de la conducción de reparto. La entrada a cada filtro se realiza mediante válvula de mariposa DN 350 mm de accionamiento motorizado.

Se han diseñado 4 filtros dispuestos en línea de dimensiones útiles 10,30 x 4,00 m^2, con una superficie unitaria de filtración de 41,20 m^2, con las que se pueden lograr unas velocidades de filtración para el caudal nominal de 9,9 $m^3/m^2/h$, valores comprendidos entre los límites normales conservadores.

Cada filtro tiene una altura total de 4,35 m y de abajo arriba consta de las siguientes partes:

- Zona de recolección del agua filtrada, que tiene una altura libre de 0,34 m.
- Capa de carbón activo de 2,00 m de altura. Esta capa se sustenta sobre los falsos fondos de tipo poroso.
- Altura lámina agua sobre el lecho de 1,50 m.
- Resguardo al nivel de coronación de 0,51 m.

Los filtros se han cubierto mediante un edificio adecuado para evitar la entrada de la luz a los mismos y, de esta forma, conseguir la no proliferación de algas en los mismos.

En una sección transversal del filtro se podrían apreciar un canal lateral de 1,00 m de anchura y un lecho filtrante de 4,00 m de anchura.

Las conducciones de entrada de agua y aire, se han situado en el lateral del filtro, para que, con esta disposición, pueda realizarse tanto la inyección de aire como la de agua. La recogida del agua de lavado se lleva a cabo por el canal superior lateral.

La salida de agua filtrada se hace a través de tubería de ø 350 mm, en la que se instala una válvula reguladora motorizada del mismo diámetro. Posteriormente el agua vierte en el depósito de agua filtrada.

Las cámaras de maniobra de cada filtro se comunican a través de una galería con una pasarela corrida que permite la inspección de los filtros. Esta galería se encuentra comunicada a través de una escalera con la zona donde están las bombas de agua de lavado.

El suelo filtrante sobre el que reposa la arena, es de un tipo especialmente estudiado para satisfacer el papel primordial que debe representar el buen funcionamiento del filtro y la eficacia de su lavado.

En efecto, incumbe al suelo la tarea de garantizar la perfecta homogeneidad de la distribución de las líneas de flujo en el seno de la masa filtrante, tanto en el curso de la filtración propiamente dicha (agua sola) como en el curso de las operaciones de lavado (agua y aire). Esto se consigue con el falso fondo tipo poroso proyectado (Leopold o similar).

Lavado de las masas filtrantes

La calidad del proceso, así como los cuidados aportados a la filtración, permite prever que la duración de la carrera del filtro no debería disminuir por debajo de las 72 horas, en las condiciones más desfavorables.

La concepción de los filtros y en especial el espesor de la capa filtrante, nos permite realizar un lavado completo en tres fases:

a) Agitación: Aire a 50 $m^3/m^2/h$ durante 3-5 min.

b) Lavado: Agua a 21 $m^3/m^2/h$ y aire (en casos excepcionales) a 50 $Nm^3/h/m^2$ durante 8 minutos.

c) Aclarado: Agua a 21 $m^3/m^2/h$ durante 7 minutos.

El agua necesaria para el lavado será suministrada por 2 grupos electrobombas horizontales (una de reserva), para un caudal de 875 m^3/h a 9 m.c.a. (ambas con variador de frecuencia electrónico) y de 37 KW de potencia unitaria).

El aire de lavado será suministrado por dos grupos motosoplantes de émbolos rotativos (uno de reserva) de caudal unitario 2.100 m^3/h a 4,50 m.c.a. y 45 KW de potencia unitaria. Los dos grupos son regulados mediante dos variadores de frecuencia electrónicos.

Las canalizaciones de aire de lavado y de agua de lavado, tienen respectivamente, diámetros de 200 mm y 400 mm. El agua y el aire de lavado se introducen en cada filtro mediante la apertura de las correspondientes válvulas de mariposa mandadas por cilindros neumáticos.

Regulación

El dispositivo que se instala tiene por objeto regular el caudal de agua que sale de un filtro, de manera que se mantenga el nivel casi constante por encima de la masa filtrante, y ello a pesar de la variación de la pérdida de carga, motivado por el ensuciamiento progresivo del filtro, y el caudal que en ese momento llegue a él. Este resultado se consigue por el regulador que se describe a continuación.

El control se realiza manteniendo un nivel de agua constante en el filtro. El nivel de agua es detectado por un medidor ultrasónico que lo comunica al PLC, para que actúe sobre la válvula motorizada de regulación.

El agua filtrada sale a través de la válvula automática de mariposa, DN 350, que en un principio está parcialmente cerrada. A medida que se va colmatando el carbón activo, la pérdida de carga y el nivel de agua en el filtro tiende a subir, lo cual es detectado por el medidor ultrasónico que envía una señal al PLC

y de éste a la válvula de salida de agua para que comience a abrir, con lo que se vuelve a equilibrar el nivel en el filtro.

A medida que se va colmatando el filtro se va abriendo más la válvula hasta que está parcialmente abierta, momento en el que se activa una alarma que indica que el filtro debe ser lavado. En caso de no ser atendida esta alarma al cabo de un cierto tiempo el filtro pararía automáticamente.

Vaciado de los filtros

Cada uno de los filtros lleva su correspondiente vaciado mediante pasamuros y válvula de compuerta de diámetro 200 mm.

Equipos auxiliares edificio de filtración:

Como equipamiento auxiliar y de manutención se han previsto los siguientes elementos:

- Dos polipastos eléctricos de 2.000 Kg de capacidad unitaria.
- Dos (2) ventiladores extractores de 5.000 Nm^3/h de caudal unitario.
- Sistema de conducciones de ventilación.
- Un ventilador extractor de 1000 Nm^3/h de caudal en la sala de cuadros eléctricos..

Recuperación del agua de lavado de los filtros de arena

El agua producida por el lavado de los filtros se recoge en un depósito de 554,46 m^3 de volumen que permite almacenar el agua utilizada en el lavado de dos filtros.

El depósito tiene pendiente hacia un punto de donde aspiran dos (2) bombas centrífugas horizontales de caudal unitario 15 m^3/h a 9 m.c.a., con una potencia unitaria de 1,50 KW, que impulsarán los fangos del agua de lavado al depósito de homogeneización de fangos o al canal de alimentación a la ultrafiltración de 2ª etapa.

Además se dispone de una toma flotante que envía el agua clarificada al pozo de aspiración de las bombas de agua clarificada, que está equipado con dos (una en reserva) unidades centrífugas horizontales de 50 m^3/h de caudal a 24 m.c.a., con 7,50 kW de potencia unitaria, que impulsan el fluido señalado a la entrada de los dos compartimentos del depósito de agua bruta.

Ultrafiltración

Como parte principal del proceso de tratamiento, en esta solución, se ha elegido una membrana de ultrafiltración para el tratamiento terciario.

Las membranas que se utilizan en estos tratamientos son de muy diversa configuración (planas, espirales, capilares, etc.) y materiales (polipropileno, PVDF, etc.) y han ido evolucionando en diversas aplicaciones (desde por ejemplo el pretratamiento de plantas de ósmosis inversa de agua potable alimentadas con -la membrana determina el rendimiento de eliminación de materia orgánica y sólidos, y en general los fabricantes las diseñan con varios cortes moleculares, según la aplicación.

Las características diferenciales de las membranas de MF/UF son las siguientes;

- Química de la membrana (lo cual implica, por ejemplo, tolerancia al cloro). Los materiales más utilizados son;
    - Celulósicas
    - Polietersulfona (PES)
    - Polipropileno (PP)
    - Polisulfona (PS)
    - PVDF
- Tamaño de poro (y por tanto, entre otros, rendimiento en eliminación de virus)
- Configuración; plana, espiral, capilar / vertical o horizontal
- Dirección de flujo; de fuera adentro o de dentro afuera
- Montaje; en caja o tubo de presión o sumergida en tanque atmosférico
- Densidad de fibras (caso de fibra hueca) o superficie por módulo
- Forma de lavado; agua a contra o equicorriente, agua y aire, aire, y lavado químico, etc.
- Requerimientos de energía y auxiliares (bombeos, presión, aire comprimido)
- Tipo de filtración: dead-end o flujo cruzado (crossflow)
- Forma de trabajo; a presión o en aspiración (sumergidas)
- Pretratamiento requerido

Los equipos de MF/UF suelen ser compactos e incorporan el sistema de limpieza y dosificaciones químicas, ya que requieren de limpiezas automáticas muy frecuentes, ya sea con agua y/o aire o con productos químicos.

Algunas de las membranas de UF/MF más utilizadas en este momento son (evidentemente esta relación no pretende ni puede ser exhaustiva):

MEMCOR.- Membrana capilar de microfiltración utilizada para tratamientos terciarios y pretratamientos de ósmosis inversa y últimamente, membranas sumergibles de PP o PVDF.

ZENON.- Membrana Zeewed; fue una de las primeras membranas sumergibles que apareció en el mercado y en la actualidad, una de las más utilizadas para la aplicación de MBR, terciarios y también agua potable.

NORIT.- Norit ha desarrollado una membrana en configuración espiral semejante a las membranas de ósmosis inversa, que puede ser instalada en tubos de presión estándar de ósmosis inversa. Cuenta asimismo con la membrana X-flow, capilar.

PALL.- Es un fabricante de productos de filtración para industria, con un gran número de productos y aplicaciones, incluyendo en la actualidad tratamientos de agua residual.

RHONE POULENC.- Esta compañía lleva muchos años trabajando en la industria con membranas de ultrafiltración capilares cerámicas u orgánicas.

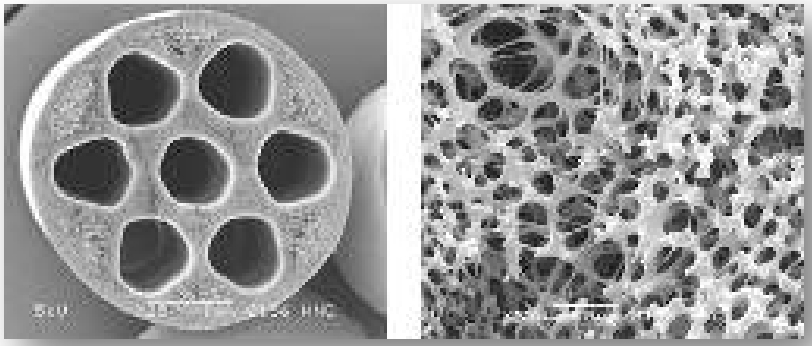
FILTERPAR.- Es el nombre comercial de una membrana plana desarrollada bajo una patente de Dow, pero en la actualidad comercializada por Filterpar desde Italia.

STERAPORE.- Membrana sumergible para MBR de Mitsubishi Rayon Corp. (Japón).

KUBOTA.- Membrana de Kubota Corp. (Japón), plana sumergible para MBR y membranas cerámicas.

HYFLUX.- Membrana procedente de Singapur; tienen varios productos; kristal, Petaflex, Inocep, para distintas aplicaciones, pretratramientos y MBRs

IMT.- Membranas de polietersulfona (PES)



INGE.- Membranas capilares presurizadas

Otros: US Filter (membranas sumergidas), Aquasource (membrana celulósicas), Polimem, etc.

Los fabricantes de membranas de ósmosis inversa, viendo que estas tecnologías de membrana han tenido una fuerte expansión en un corto plazo, han desarrollado asimismo o tienen en desarrollo diversos productos. Los más destacables son los siguientes:

TORAY: ha desarrollado membranas capilares externas y un elemento de membrana sumergible para uso en MBR.

DOW CHEMICAL: cuenta también en la actualidad con una membrana de PVDF de Ultrafiltración presurizada.

HYDRANAUTICS: cuenta con la membrana Hydracap, que es una membrana capilar externa.

TRISEP: cuenta con la membrana Spirasep, que se puede instalar en tubo de presión de ósmosis inversa, aunque su disposición más habitual es la instalación sumergida.

NITTO DENKO (matriz de Hydranautics) cuenta con una membrana de UF espiral.

KOCH, denominación actual de la membrana Fluid Systems, cuenta con membranas de Ultrafiltración de distintos tipos.

SAEHAN, fabricante de membranas de Corea, también tiene una membrana espiral de ultrafiltración.

Como se ha comentado, esta relación no es exhaustiva, sino que pretende ser una aproximación al estado del mercado de membranas de MF/UF y una visión general de los tipos de membranas utilizado.

El diseño de membranas de MF/UF es muy específico para cada tipo y fabricante de membrana y para cada aplicación concreta (agua de mar, agua superficial, agua residual, etc.), por lo que no procede generalizar respecto a flujos específicos, presiones de trabajo o configuración más adecuada, sino que debe ser estudiado en cada caso, dependiendo del tipo de agua y sus características y de la membrana elegida. Al igual que en los otros procesos de filtración, la velocidad de filtración es el parámetro más importante de diseño, aunque en las membranas hablamos en general de flujo específico, es decir, caudal por superficie de membrana (l/m^2-día, l/m^2-hora, etc.).

Como ya se ha mencionado anteriormente, en general este tipo de tecnologías requiere de un pretratamiento que puede ser de filtración o un microtamizado previo de unas 80-150 micras, dependiendo del fabricante. Asimismo, también puede añadirse un coagulante en línea para mejorar su eficiencia.

Para el prediseño de esta instalación se ha optado por una tecnología de ultrafiltración que hace uso de un flujo “de fuera a dentro” a través de una membrana de fibra hueca reforzada que tiene un tamaño de poro nominal y absoluto de 0,034 y 0,1 micras, y permite una relativa alta carga de sólidos sin requerimientos especiales sobre éstos, siendo una barrera física efectiva para partículas e incluso coloides.

Son membranas que utilizan una pequeña succión, para aspirar el agua limpia a través de los poros del material. El agua tratada es dirigida a través de la membrana al interior de una línea común de permeado desde donde es bombeada al resto de la línea de tratamiento.

Durante el retrolavado, se introduce aire en la parte inferior de los módulos de membrana para crear una turbulencia a lo largo de la superficie de la membrana. Las burbujas de aire que ascienden “restriegan” y limpian la parte exterior de las fibras, maximizando el rendimiento de la membrana, ayudando a homogeneizar y mezclar evitando el incremento de concentración entorno a las membranas. Esto podrá realizarse también durante la filtración, de manera que pueda optimizarse la operación respecto a la carga de sólidos y alargar los tiempos de servicio, sobre todo en el caso de tener una segunda etapa de ultrafiltración, en la cual se concentran los sólidos en mayor grado, mejorando por un lado el aprovechamiento del agua y brindando a la línea de fangos una concentración de partida adecuada.

El pequeño tamaño del poro produce un efluente tratado de alta calidad con una turbidez <0,2 NTU y SST<1 mg/l, lo cual es apropiado para esta etapa de la línea de tratamiento y optimizar las etapas de afino posteriores si las hubiera.

Se debe tener en cuenta que adicionalmente algunos virus son eliminados por la combinación de la absorción de éstos en los sólidos o bacterias contenidos en el tanque de procesos y por la exclusión directa debido a su tamaño.

Por tanto el sistema de ultrafiltración elegido tiene los siguientes objetivos que benefician a la línea de tratamiento posterior y a la calidad del agua tratada:

a) Barrera positiva contra partículas y patógenos, que no son retenidos en filtraciones convencionales y son resistentes a la cloración.
b) La calidad del agua ultrafiltrada se mantiene constante, independientemente de las características del agua bruta.
c) Producción fiable el 100% del tiempo de un agua de una significante mejor calidad al tratamiento convencional de esta fase.
d) Diseño modular facilitando una posible ampliación.
e) Alta capacidad de tratamiento en un reducido espacio.
f) Requerimientos de reactivos químicos significativamente más bajos.
g) Alto nivel de automatización y requerimientos de operación / mantenimiento más bajos.

Las membranas deben operar bien a diferentes concentraciones de sólidos y en situaciones con variaciones de temperatura, produciendo constantemente una alta calidad de agua tratada, independientemente de las variaciones estacionales y/o del tiempo, que pudiesen afectar a la calidad del agua bruta a tratar. Por tanto han de cumplir las siguientes condiciones:

- Simplificación del número de procesos.
- No tengan tendencia a la colmatación, (se debe evitar determinado tipo de membranas encapsuladas en las cuales este requerimiento no es fiable).
- No tengan necesidad de ciclos de retrolavados con aire presurizado que puedan estresar constantemente la membrana y aumentar la tasa de rotura de fibras.
- La membrana ha de ser una estructura suficientemente robusta, para evitar roturas.
- Debe ser químicamente resistente, que permita limpiezas con altas concentraciones de reactivos.

Por tanto, la composición química de la membrana elegida para este primer diseño es PVDF (difluoruro de polivinilo), no iónica e hidrofílica, en fibra hueca reforzada con flujo de fuera a dentro. De esta manera se permitirán condiciones de limpieza como:

Máxima Temperatura de Limpieza	40ºC
Rango operación pH para limpiezas	2 – 10,5 (<30ºC)
	2 – 10 (30-40ºC)
Concentración de Cloro Máxima (como Cl_2)	1.000 ppm (<40ºC)
Máxima exposición al cloro (como Cl_2)	500.000 ppm - hora

Configuración del sistema de ultrafiltración.

La operación de ultrafiltración se prevé en dos etapas, de modo que la segunda concentrará el rechazo de la primera, pudiéndose incorporar el permeado de la misma a la línea de tratamiento tras una desinfección mediante rayos ultravioleta, y contribuyendo al caudal total de agua tratada. El rechazo de la segunda etapa pasará al tanque de homogeneización de fangos y posteriormente a la línea de lodos.

Se ha calculado la instalación de ultrafiltración para que con ambas etapas (1ª y 2ª) se pueda producir el caudal total de diseño de la ETAP (500 l/s). La 2ª etapa se dimensionará para tratar el total del rechazo previsto en la 1ª etapa.

El retorno a cabecera del permeado de la segunda etapa, una vez desinfectado mediante rayos UV, se ha previsto que pueda realizarse a la entrada de los compartimentos del depósito de agua bruta o en la arqueta de salida de la ultrafiltración.

Para el diseño total de la instalación se han tenido en cuenta los caudales de rechazo y se han incrementado los caudales de agua bruta en consecuencia, para cumplir con la capacidad de tratamiento final de los 500 l/s.

Dada la mayor concentración que soporta la segunda etapa y ante la posibilidad de fuga de sólidos al permeado se ha previsto dotar a la salida de la segunda etapa de un sistema en línea de desinfección por luz ultravioleta como elemento de garantía a la incorporación de este caudal a la línea principal de tratamiento.

El porcentaje de conversión variará de forma significativa y en función de las características del agua bruta en cada momento. Para la primera etapa de la ultrafiltración se estima entre el 94 y el 81% siendo este último rendimiento para las peores condiciones previsibles del agua bruta.

La segunda etapa se estima entre el 75 y el 88 % sobre el agua ya cargada de rechazo de la primera etapa.

La inclusión de esta segunda etapa en el proceso permitirá una mayor concentración de los fangos a la línea de su tratamiento, con lo que se optimizarán las operaciones y el rendimiento de las etapas siguientes, como el espesamiento por flotación. Se trata de un elemento a caballo entre la línea de agua y la de fango, pudiendo eventualmente ayudar a la capacidad de producción del agua tratada y en todo momento realizando servicios de concentración de los lodos.

A continuación se muestra la configuración de funcionamiento prevista en el dimensionamiento realizado:

CONFIGURACIÓN DE DISEÑO (500 l/s CONSIDERANDO PERMEADO DE 1ª + 2ª ETAPA):

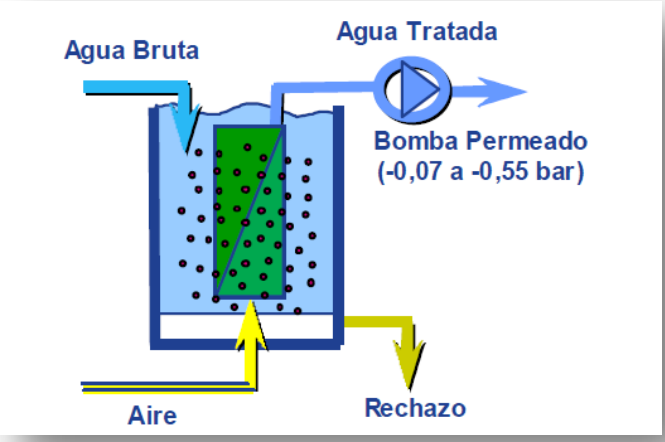
ETAPA 1: 2.304 módulos de membrana capilar sumergible; los módulos irán ensamblados en treinta (36) cassettes de membranas. Los cassettes irán montados dentro de los tanques de membranas. La capacidad máxima de cada cassette es de sesenta y cuatro (64) módulos.

ETAPA 2: 896 módulos de membrana capilar sumergible; los módulos irán ensamblados en doce (14) cassettes de membranas. Los cassettes irán montados dentro de los tanques de membranas. La capacidad máxima de cada cassette es de sesenta y cuatro (64) módulos.

Composición de la membrana:	PVDF
Tamaño medio de poro:	0,02 a 0,10
Presión aplicada:	-0,07 a 0,90
Contrapresión máxima:	0,90
pH operativo:	2,00 a 12,00
Superficie de membrana por cada elemento (m2):	40,88
Disposición de la membrana	Sumergida en tanque

Un sistema de ultrafiltración puede ser dividido en 8 sistemas primarios de operación o funcionamiento que a continuación se describen:

1. Sistema de alimentación
2. Sistema de aireación de membranas
3. Tanque de membranas
4. Sistema de extracción de permeado
5. Sistema de retrolavado
6. Sistema de rechazo
7. Sistema de limpieza/neutralización
8. Sistema de Aire Comprimido



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El agua de alimentación se dirige a la ultrafiltración mediante conducción dotada de medidor de caudal electromagnético en tubería, la cual descarga en un canal común de reparto a los distintos trenes o tanques de membrana de la primera etapa.

La alimentación a los tanques de membranas se realizará mediante canal de reparto y válvula motorizada de entrada a cada tanque de membranas.

El canal mantendrá un nivel de agua y presión hidrostática para que por medio de válvulas motorizadas se reparta a los distintos tanques de membrana o se puedan aislar selectivamente.

La entrada a cada tanque se realizará por la parte inferior mediante un colector con juego de válvulas motorizadas que permitan las operaciones de entrada, vaciado para extracción del rechazo y entrada y salida de la solución de limpieza química (CIP).

SISTEMA DE AIREACION DE MEMBRANAS

La aireación de membranas es un componente del proceso para reducir el efecto de ensuciamiento por sólidos. A continuación se comentan consideraciones respecto al diseño de este sistema y equipos necesarios:

En principio, para la primera etapa solo tiene lugar la aireación durante los retrolavados, limpieza de mantenimiento y limpiezas de recuperación. En la segunda etapa, y dada la mayor concentración de sólidos, se ha previsto una aireación de mayor frecuencia, hasta incluso la aireación continua.

Dada la diferencia de demanda de aire para cada uno de las etapas, se ha previsto instalar dos conjuntos de aireación independientes.

TANQUE DE MEMBRANAS

El diseño de los tanques de membrana (geometría y dimensiones) es el resultado de análisis técnico-económicos detallados. Se han diseñado conforme a valores estándar contrastados para garantizar los beneficios del sistema.

A la hora del diseño de estos se han tenido en cuenta estos dos importantes factores condicionantes:

a) Índice Volumen de Ocupación del Tanque

El índice de ocupación del tanque se refiere al volumen de membranas dentro del tanque en relación al volumen del tanque total. A más alto índice de ocupación del tanque, más bajo es el volumen de agua dentro del tanque de membrana.

Esto puede originar un ahorro en el coste debido a un menor consumo de químicos en las limpiezas químicas, menor consumo energético requerido para calentar las soluciones para la limpieza y pueden considerarse menores equipos necesarios para la alimentación y descarga del tanque.

Además, un elevado índice de ocupación, permite un alto rendimiento ya que es rechazada menos agua cada vez que el tanque es vaciado, por lo tanto pueden realizarse más retrolavados y limpiezas de mantenimiento para controlar el ensuciamiento de las membranas, optimizando el proceso.

b) Recubrimientos de los tanques

Los productos químicos usados durante las limpiezas, están en contacto con el tanque de membranas y pueden desprender partículas debido a la corrosión. Estas partículas pueden dañar las fibras de membranas.

Hay que asegurar que los recubrimientos de los tanques protejan y prevengan de corrosiones.

Por tal motivo, el revestimiento de los tanques se hará con productos impermeabilizantes que aseguren su integridad, como son el uso de recubrimientos epoxy adecuados en los tanques de membrana, estables a pH entre 2 y 12.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN DEL PERMEADO

Cada tanque de membrana tiene un sistema de extracción de permeado para recoger el agua filtrada de las membranas a un colector común, el cual transporta el agua tratada en la planta a la siguiente etapa de tratamiento.

La cantidad de permeado producido por un tren individualmente en un tiempo dado está influenciado por la demanda de la planta y el número de otros trenes que no están en funcionamiento, por lo que la automatización del control del bombeo de permeado es imprescindible.

SISTEMA DE RETROLAVADO

Para mitigar el efecto de deposición de sólidos en las fibras de membranas, todos los sistemas de tratamiento de agua por ultrafiltración usan sistemas de retrolavado, introduciendo agua a presión en el interior de la membrana para provocar el desprendimiento de los sólidos.

El agua permeada es usada para el retrolavado para asegurar que no hay cargas contaminantes que puedan estar en contacto dentro de las fibras de membrana o de las tuberías de permeado. Para asegurar la disponibilidad de esta agua para el retrolavado se prevén dos tanques de almacenamiento específicos, que se mantendrán llenos mediante sendas derivaciones de la tubería común de permeado.

La frecuencia de retrolavado está normalmente reducida a un tren de membranas cada vez, y como tal ha de realizarse la optimización de la explotación.

El retrolavado tiene lugar a un flujo constante definido por el Flux de retrolavado específico.

Dadas las diferencias de configuración entre la 1ª y 2ª etapa de ultrafiltración, se hace necesario que los bombeos de retrolavado sean diferentes y de distinta capacidad, aunque aspiren de los mismos tanques de almacenamiento de agua permeada.

SISTEMA DE DRENAJE

Una parte del agua que alimenta a un tren de membranas será vaciado/drenado para controlar el crecimiento de sólidos en el tanque. El drenaje deberá ocurrir sólo durante el retrolavado y limpiezas de mantenimiento, teniendo el control de proceso sobre esta operación para optimizar la explotación.

El proceso de vaciado tiene lugar drenando completamente el tanque de membranas para lo que se han previsto depósitos con la suficiente capacidad para la 1ª y 2ª etapas de ultrafiltración, que puedan

absorber los correspondientes volúmenes de operación y en consonancia con los diferentes destinos de estos rechazos.

Estos drenajes pueden ocurrir a diferentes velocidades dependiendo de la optimización de la operación, por lo que se realizará por medio de válvula motorizada susceptible de regulación.

SISTEMA DE LIMPIEZA Y NEUTRALIZACIÓN

Durante el ciclo de producción, las fibras se van contaminando/ensuciando progresivamente provocando un incremento en la presión necesaria (TMP) para succionar el agua a través de las membranas, las limpiezas de mantenimiento (MC) y limpiezas de retrolavado (RC) son usadas para eliminar estos contaminantes. La ultrafiltración ha sido diseñada con un sistema adecuado de limpieza para ejecutar ambos MC y RC.

SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

El control del sistema de membranas previsto está basado en la aplicación de 'test de integración de membranas' (MIT) y 'test de pérdida de presión' (PDT).

Este sistema será independiente de los equipos para mantener el Sistema en operación mecánica y eléctricamente, y para suministrar aire comprimido a los equipos neumáticos y actuadores.

Rechazos y residuos de la Ultrafiltración

Se ha previsto que los residuos retenidos por la ultrafiltración salgan del sistema junto con el drenaje de los tanques de membranas en las operaciones de limpieza.

De la 1ª etapa se descargará el rechazo de todos los tanques en un depósito a tal efecto, del que aspirarán las bombas horizontales que envían el rechazo de la 1ª etapa a la 2ª etapa de la ultrafiltración.

Esta segunda etapa volverá a concentrar los residuos, vertiéndose en cada drenaje de lavado a un depósito específico, admitiendo todo el volumen de la batería de tanques de membrana, y será conducido por gravedad al depósito de homogeneización de fangos (si se construye, o bien a la ETAR).

Principales características de los equipos e instalaciones de la ultrafiltración de 1ª Etapa

Las principales características de los equipos del sistema de ultrafiltración estudiado son las siguientes:

Tanques de membranas

Nº de Tanques	12	Ud
Longitud unitaria	5,45	M
Anchura unitaria	2,30	M
Altura total del tanque	3,40	M
Volumen del tanque nivel medio de operación	34,47	m^3

Membranas de ultrafiltración

Nº de tanques a construir	12	Ud
Nº de tanques de membranas en funcionamiento	12	Ud
Nº de cassettes de membranas por tanque	3	Ud
Tipo de membranas (diseño previo)	ZW500	
Nº total de módulos	2304	Ud
Capacidad total de cassetes por tanque	3	Ud
Superficie de membrana por módulo	40,88	m^2

Otros equipos

Soplantes: las soplantes proporcionan aire de baja presión para limpieza de membranas. Interruptores de bajo-caudal aseguran el funcionamiento adecuado de la soplante. Las soplantes irán dotadas con variador de frecuencia y cabina de insonorización. Se diseñan 2+1 unidades de 2.600 Nm^3/h.

Bombas de permeado: las bombas de permeado se controlan a través de un variador de velocidad (VFD). El VFD ajusta la velocidad de las bombas según su curva y según los datos procedentes de caudal y nivel de líquido en el tanque. Se ha previsto una bomba adicional de repuesto en taller. Se instalan 6 unidades de 300 m^3/h.

Bombas de retrolavado: las bombas de retrolavado están controladas mediante un variador de velocidad (VFD). El VFD ajusta la velocidad de la bomba basado en la curva PID y según los datos procedentes de caudal y nivel de líquido en el tanque. 2 + 1 unidades de 314 m^3/h.

Sistema de vacío para cebado de las bombas de permeado: el sistema de vacío se usa para alimentar el sistema y extraer el aire durante la producción del permeado. Se realizará mediante un sistema de 6 eyectores de vacío.

Bombas de drenaje/recirculación/CIP: las bombas se usan para la operación CIP, drenaje y transferencia de las soluciones químicas (2 + 1 uds. de 130 m^3/h). Para el lavado de las membranas de 1ª y de 2ª etapas se han previsto dos depósitos CIP de 49,52 m^3 de capacidad unitaria, en hormigón armado con resistencia de caldeo de 15 kW de potencia.

Bombas dosificadoras y depósitos de almacenamiento de productos químicos:

- Bombas y tanques de almacenamiento de ácido cítrico
- Bombas y tanques de almacenamiento de ácido clorhídrico
- Bombas y tanques de almacenamiento de hipoclorito sódico
- Bombas y tanques de almacenamiento de bisulfito sódico
- Bombas de hidróxido sódico

7.1.4.- Principales características de equipos e instalaciones de UF de 2ª Etapa

Las principales características de los equipos del sistema de ultrafiltración estudiado son las siguientes:

Tanques de membranas

Nº de Tanques	7	Ud
Longitud unitaria	3,65	M
Anchura unitaria	2,30	M
Altura total del tanque	3,40	M
Volumen del tanque nivel medio de operación	23,09	m^3

Membranas de ultrafiltración

Nº de tanques a construir	7	Ud
Nº de tanques de membranas en funcionamiento	7	Ud
Nº de cassettes de membranas por tanque	2	Ud
Tipo de membranas (diseño previo)	ZW500	
Nº total de módulos	896	Ud
Capacidad total de cassetes por tanque	3	Ud
Superficie de membrana por módulo	40,88	m^2

Otros equipos

Soplantes: las soplantes proporcionan aire de baja presión para limpieza de membranas. Interruptores de bajo-caudal aseguran el funcionamiento adecuado de la soplante. Las soplantes irán dotadas con variador de frecuencia y cabina de insonorización. Se diseñan 4+1 unidades de 496 Nm^3/h.

Bombas de permeado: las bombas de permeado se controlan a través de un variador de velocidad (VFD). El VFD ajusta la velocidad de las bombas según su curva y según los datos procedentes de caudal y nivel de líquido en el tanque. Se ha previsto una bomba adicional de repuesto en taller. Se instalan 3 unidades de 200 m^3/h.

Bombas de retrolavado: las bombas de retrolavado están controladas mediante un variador de velocidad (VFD). El VFD ajusta la velocidad de la bomba basado en la curva PID y según los datos procedentes de caudal y nivel de líquido en el tanque. 2 + 1 unidades de 180 m^3/h.

Sistema de vacío para cebado de las bombas de permeado: el sistema de vacío se usa para alimentar el sistema y extraer el aire durante la producción del permeado. Se realizará mediante un sistema de 3 eyectores de vacío.

Bombas de drenaje/recirculación/CIP: las bombas se usan para la operación CIP, drenaje y transferencia de las soluciones químicas (2 + 1 uds. de 130 m^3/h). Para el lavado de las membranas de 1ª y de 2ª etapas se han previsto dos depósitos CIP de 49,52 m^3 de capacidad unitaria, en hormigón armado con resistencia de caldeo de 15 kW de potencia.

Bombas dosificadoras y depósitos de almacenamiento de productos químicos:

- Bombas y tanques de almacenamiento de ácido cítrico
- Bombas y tanques de almacenamiento de ácido clorhídrico
- Bombas y tanques de almacenamiento de hipoclorito sódico
- Bombas y tanques de almacenamiento de bisulfito sódico
- Bombas de hidróxido sódico

Equipos auxiliares de ultrafiltración

El edificio que alberga la ultrafiltración de 1ª y 2ª etapa se ha equipado con los siguientes elementos de manutención:

- Un (1) puente grúa con polipasto eléctrico de 5.000 Kg de capacidad y 17,60 m de luz entre ejes de carriles.
- Un (1) polipasto eléctrico de 2.000 Kg de capacidad.
- Dos (2) ventiladores extractores de 5.000 Nm^3/h de caudal.
- Dos (2) ventiladores extractores de 1.000 Nm^3/h de caudal.

Desinfección mediante rayos UV del permeado de la 2ª etapa

La desinfección del agua permeada de 2ª etapa se lleva a cabo en una conducción en la que se instala un reactor cerrado de rayos UV tipo SPEKTRON 650e. La conducción va aislada mediante válvulas de mariposa de accionamiento manual.

Salida y desinfección del agua tratada

Dado que el agua tratada se va a utilizar para regadío, no se contempla en principio el almacenamiento del agua en la planta, sino que se supone que existirán balsas de riego o depósitos donde se pueda bombear el agua tratada. El bombeo de agua hasta dichos depósitos tampoco se ha contemplado en este estudio. La desinfección del agua permeada se llevará a cabo en una conducción en la que se instala un reactor cerrado de rayos UV tipo SPEKTRON 650e. La conducción va aislada mediante válvulas de mariposa de accionamiento manual. Adicionalmente se contará con una desinfección de hipoclorito sódico de seguridad. Alternativamente, también se puede estudiar la desinfección UV en canal, en lugar de instalado en tubería.

LINEA DE TRATAMIENTO FANGOS

Dado que la planta de tratamiento terciario va a ir acoplada a una ETAR existente, es una decisión a tomar la de implantar o no una línea de tratamiento de fangos.

En caso de instalarse un alinea de fangos independiente para esta instalación, debería constar de los siguientes elementos:

Línea de fangos (de instalación opcional)

- Depósito de homogeneización del rechazo de la 1ª etapa de ultrafiltración e incorporación a la 2ª etapa de ultrafiltración para su concentración y recuperación de clarificado a la línea de agua.
- Recogida y homogeneización del agua de lavado de los filtros de arena en el depósito regulador de agua de lavado.
- Bombeo de recuperación del agua de lavado de filtros de arena a la entrada de los dos compartimientos del depósito de agua bruta.
- Bombeo de los fangos del agua de lavado de los filtros de arena al depósito de homogeneización de fangos o al canal de alimentación a la ultrafiltración de 2ª etapa.
- Almacenamiento del rechazo de la 2ª etapa de ultrafiltración en el propio tanque de membranas y envío del mismo por gravedad al depósito de homogeneización de fangos.
- Depósito de homogeneización y laminación de caudales de fangos y bombeo a flotación.
- Preparación, almacenamiento y dosificación de floculante para el espesamiento de fangos por flotación.
- Concentración de fangos en espesadores por flotación (3 unidades).
- Depósito de tampón de fangos flotados.
- Alimentación de fangos espesados a centrífugas de deshidratación.
- Preparación, almacenamiento y dosificación de floculante para la deshidratación de fangos.
- Deshidratación de fangos en decantadoras centrífugas.
- Bombeo de fangos deshidratados a silo de almacenamiento.
- Almacenamiento de los fangos deshidratados en un silo para su descarga a camiones para su disposición final.
- Los clarificados de la centrifugadora de secado de fangos irán a parar al depósito de homogeneización de fangos.

7.1.5.- Instalaciones eléctricas, control e instrumentación

Instalación eléctrica

Por supuesto, en este momento es difícil definir la alimentación eléctrica a la instalación, ya que no se tienen todos los datos, pero la planta deberá disponer de los siguientes elementos:

- Línea de Media Tensión de alimentación.
- Centro de seccionamiento y transformación (se estiman necesarios dos transformadores de 800 KVA).
- Cuadro de distribución.
- Alimentación en baja tensión a los centros de control de motores y cuadros auxiliares.
- Mejora del factor de potencia (instalación de 3 baterías de condensadores, uno por transformador).
- Centros de control de motores (CCM). Adosado a cada conjunto de CCM se instalará un PLC.
- Grupo electrógeno de emergencia de 600 KVA
- Alimentación a receptores.
- Alumbrado exterior e interior.
- Tomas de corriente.
- Red de tierras y seguridad de la planta.

Control

El sistema de control realizará las siguientes funciones:

- Adquisición de datos.
- Control analógico, lógico, secuencial y de protección.
- Supervisión y mando centralizado desde la sala de control.
- Integración de sistemas de control suministrados por otros.

Pondrá a disposición del usuario las herramientas necesarias para el manejo, control y mantenimiento de la instalación, tales como:

- Elaboración de informes y envío de datos a otros sistemas.
- Representación mediante gráficas y sinópticos.
- Gestión del disparo y reconocimiento de alarmas.
- Gestión del número de horas de funcionamiento de los equipos principales.
- Autodiagnóstico.

El sistema de control estará integrado por diversos equipos electrónicos repartidos en tres niveles:

- Nivel de Campo: Sensores, actuadores y módulos de entrada/salida para la recogida de datos y el envío de órdenes y consignas en forma de señales analógicas, digitales o enlaces de comunicación.
- Nivel de Proceso: Controladores Lógicos Programables (PLC) para el procesamiento de señales y la realización de tareas de control.
- Nivel de Información: Clientes y Servidores informáticos para el almacenamiento de los datos, su gestión y visualización.

Las señales de campo serán recogidas por PLC´s, directamente de los instrumentos o mediante módulos de Entrada/Salida enchufados en bastidores de periferia descentralizada, y tratadas por de acuerdo a una lógica programada.

Instrumentación

Se prevé la instalación, entre otros, de los siguientes instrumentos en distintos puntos de la instalación:

- Medida de caudal de tipo electromagnético en tubería
- Medida de caudal por efecto térmico (másico), para aire
- Medida de pH en tubería
- Medida de pH en canal abierto
- Medida de oxígeno disuelto
- Medida de la temperatura en tubería
- Medida de nivel ultrasónico
- Medida de nivel tipo radar
- Medida de nivel tipo hidrostático (tanques de membranas)
- Potencial redox en tubería
- Conductividad en tubería
- Tubidez en tubería
- Presión en tubería
- Presión diferencial
- Pérdida de carga
- Analizador de cloro residual
- Analizador de cloro libre total
- Medida del contenido de los sólidos en suspensión

OBRAS COMPLEMENTARIAS

Obras complementarias

Como obras complementarias a realizar se pueden citar las siguientes:

- Red de pluviales, vaciados y drenajes.
- Red interna de agua potable.
- Centro de transformación y líneas de fuerza y mando.
- Instrumentación, control y sistema de telecontrol.
- Alumbrado exterior e interior de los edificios.
- Detección y red de protección contra incendios.
- Edificios de control, de ultrafiltración, de tratamiento de fangos (si procede), de reactivos, de filtración, y cámara de válvulas del depósito de agua bruta.
- Urbanización y cerramiento.

Otras instalaciones

- Grupo a presión de agua para preparación y dilución de reactivos, para limpiezas de las conducciones, para mangueos, etc.
- Sistemas de limpieza de las membranas de la ultrafiltración, incluyendo bombas de retrolavado, depósitos de preparación de soluciones y de almacenamiento de reactivos, bombas dosificadoras, etc.
- Redes de aire comprimido para distintos servicios como el accionamiento de las válvulas automáticas en la obra de llegada, de los eyectores de vacío para purga del aire en las aspiraciones de las bombas de permeado de la ultrafiltración, etc.
- Equipos de manutención (polipastos, puentes grúas,…)
- Equipos de laboratorio, elementos de seguridad, repuestos, mobiliario necesario y elementos de taller.
- Bombeos de toma de muestras.
- …

7.2.- DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO TIPO 2

A continuación se va a describir la instalación necesaria para el tratamiento terciario de agua residual para su posterior reutilización, mediante tecnología convencional de tratamiento físico químico y filtración (la definida como TIPO 2).

7.2.1.- Datos de partida

El agua a tratar tiene su origen en Las ETAR de Coquimbo y La Serena. Desde éstas, el agua se conducirá por gravedad o bien mediante bombeo hasta las futuras plantas de tratamiento terciario, cada una diseñada para un caudal de 500 l/s.

7.2.2.- Línea general de tratamiento

Se ha proyectado una solución cuyas instalaciones y obras necesarias para el tratamiento del agua influente son las siguientes:

Línea de Agua

- Medida de caudal de agua bruta
- Obra de llegada con sistema de control y regulación de caudal
- Tamizado del agua bruta
- Depósito regulador de agua bruta
- Válvula de regulación del caudal de tratamiento de la planta
- Medida del caudal de agua bruta a tratamiento
- Mezcla rápida del agua con los siguientes reactivos
- Floculación
- Decantación-clarifloculación mediante decantadores lamelares.
- Filtración mediante lechos de arena.
- Desinfección final del agua tratada
- Recuperación del agua procedente del lavado de los filtros.

Línea de fangos (de instalación opcional)

Hay que tomar la decisión de si se construye o no la línea de fangos: al estar la planta situada al lado de la ETAR habría que ver si ésta puede asumir estos fangos, ampliando la línea de fangos.

7.2.3.- Descripción general de la instalación

Obra de llegada

En el caso de llegar bombeada, el agua entra en una cámara de llegada, provista de válvula reguladora de mariposa servomotorizada y aliviadero de seguridad. Estará dotada asimismo de caudalímetro electromagnético para medición y registro del caudal de agua de entrada.

Dependiendo de las cotas de la parcela, ETAR existente y uso del agua, habrá que estudiar la línea piezométrica de la planta y ver dónde o si es necesario incorporar algún bombeo intermedio.

Tamizado

Para evitar problemas en siguientes pasos de la línea de agua, y proteger las membranas se plantea la colocación de tres (dos en funcionamiento) tamices en la obra de llegada, previos al depósito regulador de agua bruta, del tipo de chapa perforada a media cara de 1 mm de luz libre de paso y un sistema de rasquetas de cepillos rotativos como sistema de limpieza. El tamizado se proyecta sobredimensionado para un caudal de 750 l/s.

Los sólidos retenidos son arrastrados fuera del tamiz por el juego de cepillos giratorios y caen sobre cuatro tornillos transportadores - compactadores, comunes a los microtamices, para ser evacuados a un contenedor metálico de 4 m^3 de capacidad.

Depósito de regulación de agua bruta

Se prevé la construcción de un depósito de agua bruta para la regulación del caudal de aporte al tratamiento terciario, ya que los caudales de agua residual procedentes de la ETAR son variables a lo largo del día, y conviene garantizar el aporte más o menos continuo de agua al tratamiento. El depósito de regulador de agua bruta se diseña en principio con forma rectangular, con una capacidad final de 10.000 m^3 repartidos en dos vasos de 5.000 m^3 cada uno, lo cual permitirá flexibilizar la explotación. El depósito tiene unas dimensiones interiores de 40,75 m x 26,80 m en cada vaso, que ofrecen el volumen requerido

de 10.000 m³. La lámina máxima de agua prevista en cualquier caso es de 4,75 m (altura a que se coloca el labio del aliviadero, y con la que debe de calcularse el depósito).

Las dimensiones exteriores del depósito son de 83,50 m x 27,80 m, contando además con una cámara de válvulas (salida del depósito) interior al mismo, con unas dimensiones de 7,00 m x 9,50 m. También se alojan en esta cámara las tuberías de vaciado del depósito así como la válvula de regulación de caudal a la planta de tratamiento.

Regulación y medida de caudal

En la salida del Depósito de Agua Bruta se instala la medida de caudal, la válvula reguladora, un filtro de protección de la válvula reguladora, dos válvulas de aislamiento de los compartimentos y una válvula de seguridad de tipo mariposa neumática, que cerrará en caso de fallo de la corriente eléctrica.

Se ha proyectado un caudalímetro electromagnético y una válvula reguladora de tipo multichorro con su by-pass correspondiente, que permite limitar el caudal de entrada a la Estación de Tratamiento.

La medida de caudal enviará su señal 4-20 mA a la Sala de Control donde se indicará y totalizará.

Cámaras de mezcla rápida

Las cámaras de mezcla rápida para coagulación tendrán siguientes características:

- Número de líneas 2
- Tiempo de retención 74 seg
- Volumen unitario 18,75 m^3
- Dimensiones 2,50 x 2,80 x 2,65 m
- En cada una de las cámaras de mezcla se instalará un electroagitador de Tipo de hélice

Cámaras de floculación

A la salida de la cámara de mezcla, el agua homogeneizada con los distintos reactivos pasa a dos cámaras de floculación de las siguientes características:

- Número de líneas 2
- Tiempo de retención 15 min
- Anchura interior 9 m
- Longitud interior 6,75 m
- Altura lámina de agua 6 m

- Volumen útil 364,5 m^3

Cada una de las cámaras de floculación estará equipada con una turbina de floculación de 2,2 kW.

Estos depósitos se sitúan adosados al decantador lamelar, formando parte integral de éste.

Es un grupo de cámaras cuadradas compuesto por un primer recinto de mezcla rápida de 3,30 x 5,50 m y dispone de una altura de 4,06 m. La segunda cámara de mezcla, es una cámara de mezcla lenta con unas dimensiones de 10,20 x 7,15 m. Esta cámara tiene una altura de 8,25 m.

Dosificación de reactivos

Coagulante.

El coagulante (sales de hierro o aluminio) se suministra en forma líquida, almacenándose en un tanque de 20.000 litros de capacidad, construido en poliéster reforzado con fibra de vidrio.

La dosificación se realizará proporcional al caudal, con variadores de frecuencia, mediante tres bombas dosificadoras (una en reserva), capaces cada una de ellas para un caudal de 60 l/h.

Floculante

El polielectrólito se preparará al 0,5%, a partir de producto sólido almacenado en sacos o bidones. La preparación se realizará en un equipo de preparación automática de 450l, de capacidad compuesto por dos compartimentos.

La dosificación se realizará proporcional al caudal, con variadores de frecuencia, mediante tres bombas dosificadoras, una en reserva. Cada bomba será capaz para un caudal máximo de 60 l/h, a una presión de 7 kg/cm^2.

Decantacion lamelar

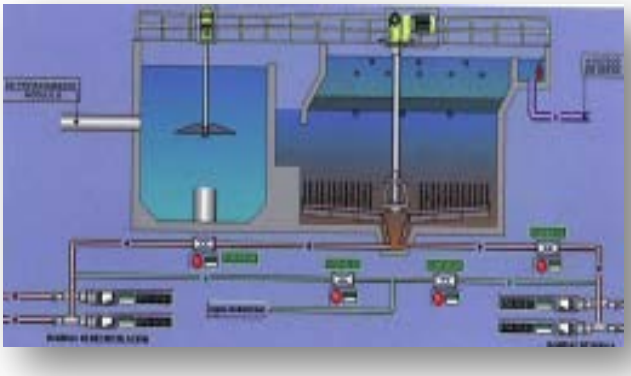
La decantación se realiza en dos (2) decantadores lamelares de recirculación externa de fangos.

Cada decantador es un cilindro con un cono inferior con sistema de barrido para la recogida y acumulación de los flóculos que sedimentan como fangos. La velocidad ascensional real es menor de 1,6 m/h.

La recirculación de fangos se cada unidad se realiza mediante una bomba de tornillo helicoidal de 10 m^3/h, habiendo una bomba de reserva común a ambos decantadores.

La extracción de fangos se cada unidad se realiza mediante una bomba de tornillo helicoidal de 5 m^3/h, habiendo una bomba de reserva común a ambos decantadores.

Toda su estructura se realiza adosado a la cámara de floculación, está realizado en hormigón armado con muros de 0,6 m de espesor, con unas dimensiones interiores de 9,00 m x 9,00 m. En la base del decantador tiene una sección circular con 9,00 m de diámetro y la solera de dicho decantador tiene un pendiente del 60%. La altura total es de 8,25 m incluidos 0,70 m de resguardo.

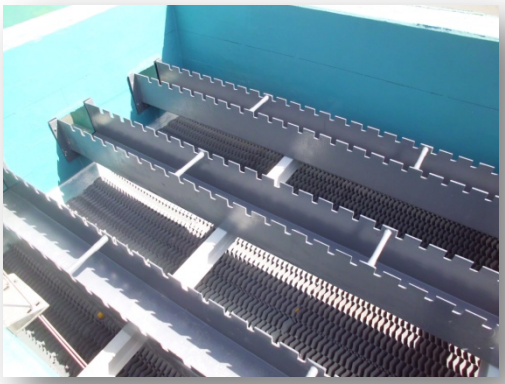


Se proyectarán muros perimetrales de hormigón armado de 0,60 m de espesor y losa continua de cimentación de 0,60 m de espesor.

El agua decantada vierte a un vertedero que se sitúa transversalmente en la parte posterior de los decantadores con unas dimensiones de 1,60 x 32 m.

Tipo decantadores	Decantador lamelar de recirculación externa de fangos	
Nº módulos	2	ud
Nº recintos por módulo	1	ud
Caudal unitario a tratar	9	m^3/h
Velocidad decantación	1,6	$m^3/h/m^2$
Velocidad de flujo sobre lamelas	18	$m^3/h/m^2$
Número Reynolds	100 - 500	
Viscosidad agua (20ºC)	1,004E-06	m^2/s

PAQUETES LAMELARES		
Tipología módulos lamelares	Geometría hexagonal	
Material	PP	
Altura módulos	1,5	m
Separación entre lamelas	50	mm
Superficie específica	10,8	m^2/m^3
Radio hidráulico	50	mm
Ángulo inclinación de las lamelas	60°	



DIMENSIONES		
Superficie unitaria	70,6	m^2
Anchura útil	9,0	m
Longitud útil	7,8	m
Altura útil parte recta	5,5	m
Altura útil parte cónica	0,0	m
Altura lámina agua	5,5	m
Volumen útil	388,1	m^3
Nº canaletas salida agua	8	ud
Ancho canaletas salida	0,30	m
Núm concentradores fango	1	ud
Pendiente en concentradores	25	º
Diámetro inferior cono	1,1	m

FUNCIONAMIENTO		
Velocidad decantación	< 1,2	$m^3/h/m^2$
Velocidad de flujo	< 13	$m^3/h/m^2$
Tiempo de retención a Qdiseño (500 l/s)	> 22	min

Filtración

El agua decantada pasará del canal de agua decantada a una batería de filtros, formada por SEIS (6) filtros de siguientes características:

Caudal medio			**1.800**	**m^3/h**
Nº de filtros totales			6,00	Ud
Caudal unitario con los filtros en servicio			300	m^3/h
Caudal unitario con un filtro en lavado			360	m^3/h
Velocidad de filtración)			<7,00	m/h
Superficie adoptada para cada filtro			56,34	m^2
Velocidad de filtración resultante, operación normal			5,32	m/h
Velocidad de filtración resultante, con 1 filtro lavándose			6,38	m/h
Dimensiones de cada filtro:				
- Longitud			15,00	m
- Diámetro			3,5	m
Lámina nominal de agua sobre el lecho			0,3	m
Repartición del caudal a los filtros			Canal con diafragmas	
Anchura total del canal de distribución			1,30	m
Diámetro de orificios diafragma			0,40	m
Diámetro nominal de las válvulas	V (m/seg)	Dcalc (mm)	DN adopt	
- Entrada de agua decantada	1,50	332,192	400,00	mm
- Salida de agua filtrada	1,25	363,90	400,00	mm
- Entrada de aire de lavado	15,00	270,31	250,00	mm
- Entrada de agua de lavado	1,50	446,39	400,00	mm
- Salida de aguas de lavado	1,25	489, 00	400,00	mm

Equipos de lavado de filtros

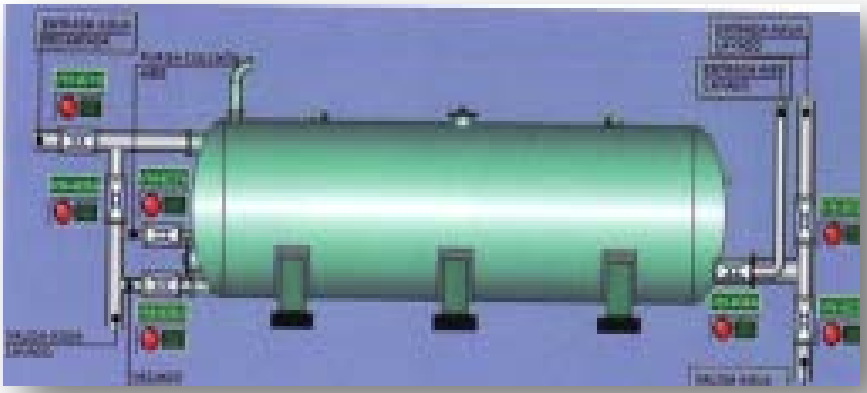
Los filtros propuestos, se lavarán con agua y aire simultáneamente.

El agua de lavado será agua filtrada, aspirada del depósito de almacenamiento de agua tratada e impulsada por tres grupos motobombas, idénticos entre sí, y de las siguientes características generales.

- Caudal ..... 422,55 m^3/h.
- Presión ..... 10 m.c.a.

Dos de los grupos se utilizarán durante el lavado del filtro, quedando el tercero como reserva de los otros dos. El hecho de diseñar tres grupos y utilizar dos durante el lavado se debe a que, como puede comprobarse en la secuencia de lavado de los filtros, el cual que debe llegar a éstos se duplica de una fase a otra.

Con el automatismo previsto se podrá seleccionar desde la sala de control la secuencia de entrada en funcionamiento de las bombas.



El aire necesario para el lavado será suministrado por dos grupos motosoplantes, de los cuales uno funcionará cuando se lave el filtro, quedando el segundo como reserva. Se podrá seleccionar, igualmente, desde la sala de control, el orden de arranque de los grupos.

Las características generales más importantes los grupos motosoplantes, son:

- Caudal ..... 3.098,70 Nm^3/h.
- Presión ..... 3,5 m.C.A.

Las bombas de lavado tendrán el cuerpo y rodetes de fundición GG-25. Las válvulas de aislamiento serán de fundición con asiento elástico, sin entalladura. Las tuberías de impulsión, tanto de aire como de agua serán de acero al carbono soldado, galvanizadas en caliente.

Descripción del automatismo

Cuando la pérdida de carga de un filtro alcance el valor prefijado, aparecerá una alarma en la sala de control, indicando que es preciso lavarlo.

El operario a cargo de la planta procederá a lavar el filtro, pudiendo realizar el lavado.

- Completo.
- Fase a Fase.

En el lavado "completo", cuando el operario ordene el lavado, todas las secuencias se sucederán de forma automática, sin ninguna intervención complementaria del mismo.

En el lavado "fase a fase" deberá ir ordenando la sucesión de las fases que desee. Este lavado es particularmente útil cuando se quiere repetir alguna fase.

Fases de lavado

El lavado de un filtro de arena, constará de las siguientes fases:

a) Vaciado parcial

En esta fase se abrirá la compuerta neumática de salida de agua de lavado, con lo que el filtro se vacía hasta el nivel de las canaletas de recogida. El accionamiento de dicha compuerta será neumático "todo o nada".

- Caudal de vaciado: 750 m^3/h
- Duración: 1,5 min

b) Primera etapa (Aire)

– Tasa de Aire: 55 $m^3/h/m^2$
– Caudal de aire por filtro y lavado: 3098,70 Nm^3/h
– Duración: 1,5 min

c) Segunda etapa (Aire + agua)

– Tasa de Agua: 7,5 $m^3/h/m^2$
– Caudal de agua por filtro y lavado: 422,55 m^3/h
– Tasa de Aire: 55 $m^3/h/m^2$

- Caudal de aire por filtro y lavado: 3098,70 Nm^3/h
- Duración: 6,5 min

d) Tercera etapa (Agua)

- Tasa de Agua: 15 $m^3/h/m^2$.
- Caudal de agua por filtro y lavado: 845,10 m^3/h
- Duración: 5,0 min

Transcurrida esta fase el filtro queda listo para entrar de nuevo en funcionamiento.

Instrumentación

Con objeto de poder conocer los caudales de lavado en la placa orificio, se ha previsto instalar sendos caudalímetros y placa orificio y con transmisores electrónicos de presión diferencial en las líneas de agua y aire de lavado.

Las bombas de lavado y la soplante irán sus impulsiones de manómetros indicadores de acero inoxidable., con sus correspondientes válvulas de aislamiento

Recuperacion de aguas de lavado

El agua consumida en el lavado de un filtro llegará, a través del canal de descarga, a un depósito de recogida y almacenamiento, de 270 m^3 de capacidad, que permitirá recoger el agua de un lavado de 2 filtros.

El depósito de recogida será de hormigón armado. Su planta será rectangular con una pendiente en la solera hacia un pozo con objeto de concentrar en él las materias en suspensión (arenas, etc.), que vayan sedimentando. El agua recuperada será bombeada por dos bombas sumergibles de 50 m^3/h y 15 m.c.a. a la cabecera de los decantadores, en la cámara de floculación.

Salida y desinfección del agua tratada

Dado que el agua tratada se va a utilizar para regadío, no se contempla en principio el almacenamiento del agua en la planta, sino que se supone que existirán balsas de riego o depósitos donde se pueda bombear el agua tratada. El bombeo de agua hasta dichos depósitos tampoco se ha contemplado en este estudio. La desinfección del agua permeada se llevará a cabo en una conducción en la que se instala un reactor cerrado de rayos UV tipo SPEKTRON 650e. La conducción va aislada mediante válvulas de mariposa de accionamiento manual. Adicionalmente se contará con una desinfección de hipoclorito sódico de seguridad.

LINEA DE TRATAMIENTO FANGOS

Dado que la planta de tratamiento terciario va a ir acoplada a una ETAR existente, es una decisión a tomar la de implantar o no una línea de tratamiento de fangos.

En caso de instalarse una línea de fangos independiente para esta instalación, debería constar de los siguientes elementos:

<u>Línea de fangos (de instalación opcional)</u>

- Recogida y homogeneización del agua de lavado de los filtros de arena en el depósito regulador de agua de lavado.
- Bombeo de recuperación del agua de lavado de filtros de arena a la entrada de los dos compartimientos del depósito de agua bruta.
- Bombeo de los fangos del agua de lavado de los filtros de arena al depósito de homogeneización de fangos
- Depósito de homogeneización y laminación de caudales de fangos y bombeo a flotación.
- Preparación, almacenamiento y dosificación de floculante para el espesamiento de fangos por flotación.

- Concentración de fangos en espesadores por flotación
- Depósito de tampón de fangos flotados.
- Alimentación de fangos espesados a centrífugas de deshidratación.
- Preparación, almacenamiento y dosificación de floculante para la deshidratación de fangos.
- Deshidratación de fangos en decantadoras centrífugas.
- Bombeo de fangos deshidratados a silo de almacenamiento.
- Almacenamiento de los fangos deshidratados en un silo para su descarga a camiones para su disposición final.
- Los clarificados de la centrifugadora de secado de fangos irán a parar al depósito de homogeneización de fangos.

Electricidad

La instalación eléctrica proyectada consta de las siguientes instalaciones:

- Acometida en Media tensión desde el punto de entronque centro de transformación equipado con un TRAFO de 630 KVA.
- Acometida en Baja Tensión desde el Centro de Transformación al Cuadro General de Distribución.
- Cuadro General de Distribución.
- Cuadros de control de motores, (tres en total).
- Cuadros de protección de alumbrado.
- Batería de Condensadores.
- Cuadro de Variadores para el CCM-1 y el CCM-3
- Acometida a los motores.

Línea de media tensión

El Punto de Entronque se definirá por la Compañía suministradora.

La potencia máxima demandada por la instalación será de 360 kVA, ya que es la potencia de diseño del Centro de Transformación.

CENTRO DE TRANSFORMACION

- La energía será suministrada por la compañía eléctrica a la tensión de 20 kV trifásica y frecuencia de 50 Hz, siendo la acometida a las celdas por medio de cables subterráneos.
- Los tipos generales de celdas empleados en este proyecto son celdas modulares de aislamiento y corte en SF6 (tipo CGM), extensibles in situ a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.
- Se considerará siempre un factor de potencia superior a 0,95 tras la corrección del mismo mediante una batería de condensadores instalada en baja tensión.

- El Centro de transformación se proyecta con un transformador de 630 KVA.
- El Centro de Transformación estará diseñado para soportar la potencia máxima demandada por la instalación más un 25 %.

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION

El Cuadro General de Distribución contiene la protección general de la planta, constituida básicamente por un interruptor automático tetrapolar ABB modelo ISOMAX S6H 1000 A, con relé electrónico incluido, y un interruptor diferencial montado junto con el anterior marca ABB modelo RC 212/1, con una sensibilidad y tiempo de disparo regulables.

El C.G.D. incluye también las protecciones de los Centros de Control de Motores, de la Batería de Condensadores, de los Cuadros de Alumbrado y de los Autómatas Programables.

Para la corrección del bajo factor de potencia de la instalación se coloca una Batería de Condensadores junto al Cuadro General de Distribución, de la marca ABB modelo CLMH-1 de 225 kVAR (4x50+25), paso 1:2:2, a 400 V, con la cual se consigue un factor de potencia igual a la unidad.

Las protecciones de los motores y equipos de la planta, así como su control, está dividido en tres (3) Cuadros de Control de Motores (CCM):

- CCM-1, está situado en el Edificio nº 1 (o Edificio de Tratamiento), controla los equipos de filtración, floculación, lavado de filtros, depósitos, y reactivos.
- CCM-2, está situado en el Edificio nº 2 (o Edificio de Ozonización), controla los motores de los equipos de ozonización.
- CCM-3, está situado en el Edificio nº 3 controla los motores de los equipos de tratamiento y deshidratación de fangos, si esta se instala.

Dentro de cada Cuadro de Control de Motores, la distribución de la energía a los distintas celdas de protección de motores se realiza mediante un embarrado de pletinas de cobre.

Cada equipo puede ser gobernado de dos modos diferentes, a saber:

- Modo Manual, mediante una botonera con marcha y paro en cuadro de control de motores o a pie de máquina (según convenga), y
- Modo Automático, mediante un PLC local que gobierna el Cuadro de Control de Motores según las consignas de funcionamiento introducidas en el *Programa de Usuario.*

Estos modos de funcionamiento son seleccionados mediante un conmutador de tres posiciones, Automático/Desconexión/Manual, este conmutador está situado en el panel de control de cada una de las celdas de los equipos, situadas en el Cuadro de Control de Motores correspondiente.

Para el arranque de los motores de los equipos se han utilizado tres sistemas: arranques directos para aquellos motores con una potencia inferior a 10 kW, arranques estrella-triángulo para motores con una potencia comprendida entre 10 y 18 kW, y arrancadores estáticos ABB, para el arranque de los motores con una potencia igual o superior a los 18 kW.

Las acometidas a los motores y líneas de alumbrado partirán de la correspondiente protección de cada uno en el CCM o en el cuadro de alumbrado correspondiente.

A tal fin, se utilizarán conductores de Cobre con aislamiento de Polietileno Reticulado y cubierta de PVC de 1 kV (tipo RV 0,6/1 kV), de sección adecuada para cada motor, según se describe en el apartado de Cálculos eléctricos.

Control

Para el control automático de la instalación se ha proyectado la instalación de cuatro (4) PLC's, compartiendo datos entre sí mediante una red de comunicaciones de fibra óptica, un (1) Panel Sinóptico que representa el estado de Paro o Marcha de los equipos de la planta y las posibles alarmas que se puedan producir y un (1) ordenador central equipado con un software tipo SCADA de control y supervisión de este tipo de plantas.

El Panel Sinóptico instalado en el Edifico de Control se protege desde el Cuadro de Protección de Alumbrado del Edificio de Control, y en él se representa el esquema de funcionamiento de la ETAP, así como el bombeo desde la presa y la caseta de trasvases.

La alimentación a los PLC's se ha centralizado en el CGD, desde donde parte una línea protegida mediante un interruptor automático a cada una de las fuentes de alimentación de los Autómatas Programables.

La programación tipo SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) nos permitirá realizar las siguientes funciones:

- Supervisión Gráfica.
- Control de equipos.
- Control de Alarmas.
- Curvas de Tendencias y Gráficos Históricos de las variables de la planta.
- Partes Automáticos: Diarios (máximos, mínimos y media, así como las variables que se quieran programar).
- Partes a petición: Semanales, Mensuales, etc (con las mismas características que los anteriores).
- Impresión de los partes y gráficos descritos.
- Gestión de Base de Datos (creación, modificación, etc.).
- Control en tiempo real de los equipos eléctricos de la planta.
- Control en tiempo real de las estaciones de bombeo y suministro mediante comunicaciones vía módem.
- Programación de los PLC's.

Todas estas soluciones se basan en un hardware y software común, que facilite la migración de una solución a otra, permitiendo adaptar el funcionamiento de la planta a diversas situaciones, y facilitando su aplicación en futuras ampliaciones.

OBRAS COMPLEMENTARIAS

Obras complementarias

Como obras complementarias a realizar se pueden citar las siguientes:

- Red de pluviales, vaciados y drenajes.
- Red interna de agua potable.
- Detección y red de protección contra incendios.
- Edificios de control, de tratamiento de fangos (si procede), de reactivos, de filtración y cámara de válvulas del depósito de agua bruta.
- Urbanización y cerramiento.

Otras instalaciones

- Grupo a presión de agua para preparación y dilución de reactivos, para limpiezas de las conducciones, para mangueos, etc.
- Redes de aire comprimido para distintos servicios como el accionamiento de las válvulas automáticas en la obra de llegada, etc.
- Equipos de manutención (polipastos, puentes grúas,…)
- Equipos de laboratorio, elementos de seguridad, repuestos, mobiliario necesario y elementos de taller.
- Bombeos de toma de muestras.
- …

7.3.- EJEMPLO DE PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES CON TRATAMIENTO SECUNDARIO

Aunque no forma parte del objeto de este documento, es necesario considerar que, dado que las ETAR existentes en Coquimbo y La Serena son plantas que cuentan únicamente con tratamientos primarios, sería necesario realizar unas obras de ampliación de estas instalaciones o bien construir unas nuevas plantas de tratamiento secundario para poder trabajar de modo adecuado en las instalaciones diseñadas de tratamiento terciario.

Por ello, se va a hacer una breve descripción de una instalación de 500 l/s de depuración de aguas residuales con tratamiento secundario, así como una estimación de la inversión necesaria. Por supuesto, si las instalaciones actuales están en buen estado y son aprovechables, cabría la opción de ampliarlas añadiendo el tratamiento secundario necesario reduciendo de este modo la inversión total necesaria.

Para este tamaño de ETAR podrían plantearse dos opciones de línea de tratamiento:

- Tratamiento de fangos activos con aireación prolongada.
- Tratamiento de fangos activos con digestión anaerobia de los fangos.

Creemos que la segunda opción es la más adecuada por los siguientes motivos:

- Por tamaño, está en el límite de aplicación de la aireación prolongada.
- La aireación prolongada consume más oxígeno y por tanto tiene mayor consumo energético.
- La digestión anaerobia, con generación eléctrica con el biogás, permitiría no solo consumir menos energía, sino producir e incrementar el porcentaje de autosuficiencia energética de la planta.
- Esta opción sería la elegida en caso de ampliar las instalaciones existentes, ya que se podrían aprovechar los tratamientos primarios, si están en buenas condiciones.

7.3.1.- Datos de partida

El agua a tratar tendría su origen en Coquimbo y La Serena y suponemos que se trata de un agua residual urbana convencional, con poco componente industrial. La planta tendría un caudal medio de 500 l/s.

7.3.2.- Línea general de tratamiento

La línea general de tratamiento, en una ETAR de este tamaño, puede ser la siguiente:

LINEA DE AGUA

- Obra de llegada, y by pass de emergencia con tamiz de vertedero de 8m y 3 mm de malla
- Pozo de llegada con cuchara bivalva de 300 l
- Pretratamiento
  - Tamizado automático de gruesos de 30 mm
  - Bombeo de agua bruta (2 bombas de 986 m^3/h + 3 bombas de 2.000 m^3/h, controladas por variadores de velocidad)
  - 2 Tamices de escalera de acero inoxidable de 3 mm de paso
  - 2 Canales aireados de desarenado-desengrasado de 18 m de longitud, con concentrador de grasas y clasificador de arenas
  - Arqueta de reparto y medida de caudal en tubería de DN800
- Decantación primaria; 2 unidades de 31,5 m de diámetro
- Reactor biológico (3 líneas de dimensiones unitarias 58x22 x 6 m de altura útil, divididos en zona anaerobia, anóxica 1 y 2 y óxica, para la eliminación de nitrógeno). Con 2 recirculaciones internas y agitadores sumergidos. Sistema de aireación consistente en 3.168 difusores de alto rendimiento para transferir el oxígeno demandado, por medio de soplantes trilobulares de 5.500 Sm^3/h y 160 kW de potencia instalada
- Reciculación externa con 4 bombas de 1000 m^3/h
- Dosificación de cloruro férrico para eliminación de fósforo
- Decatación secundaria de succión (2 uds. de 37 m de diámetro)
- Arqueta de salida y vertido

Los parámetros de salida esperados para este tipo de instalación tratando aguas residuales típicamente urbanas, serían los siguientes:

Parámetro	Valor	Unidades
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5)	≤ 25	mg O2/l
Sólidos en suspensión (SS)	≤ 25	mg SS/l
pH	6-8	
Demanda química de oxigeno (DQO)	≤ 125	
Nitrógeno total (Nt)	≤ 10	mg Nt/l
Fósforo total	≤ 2	mg P/l

LINEA DE FANGOS

- Extracción de fangos primarios y espesado por 2 unidades de espesador de gravedad de 15 m de diámetro con tamizado previo
- Bombeo de fangos en exceso de 30 m^3/h
- Flotador de fangos en exceso de 11 m de diámetro
- Cámara de homogeneización y mezcla de fangos primarios y secundarios espesados
- Digestión anaerobia de fangos (2 unidades de 4.200 m^3 de capacidad, 11 m de alto y 22 m de diámetro. Dotados de agitadores centrales con rotura de costra y sellado hidráulico
- Calderas de 540 kW para calentar el agua para calentar el fango recirculado (mediante intercambiadores de calor) que se alimentan del metano producido en digestión.
- Almacenamiento del fango en post-espesador de 18 m de diámetro
- Secado de fangos mediante 3 centrifugas de 35 m^3/h
- 2 tolvas de almacenamiento del fango deshidratado (25% sequedad) de 75 m^3
- Tratamiento del agua de escurridos mediante dosificación de cloruro férrico y decantador de 10 m de diámetro para precipitación del fósforo

LINEA DE GAS

- Gasómetro de membrana de 2.150 m^3 de capacidad, con antorcha para quema del gas sobrante

DESODORIZACION

- Vía química de 70.000 m^3/h

INSTALACION ELECTRICA

- 3 transformadores de 1.250 KVA de potencia

7.- ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD AMBIENTAL

01PR14-2301-AM_Prefactibilidad_rv01.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AMBIENTAL

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2301-AM_Prefactibilidad_rv01.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	UKI	03-07-14	CBE	22-07-14		
01	MCM	05-08-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN 3

1.1.- LIMITANTES Y ALCANCES PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO 3

1.2.- CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO 5

1.3.- IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO 6

1.4.- EXTERNALIDADES NEGATIVAS 6

2. ANÁLISIS AMBIENTAL PARA ESTUDIO DE UBICACIÓN 7

2.1.- INTRODUCCIÓN 7

2.2.- OBJETIVOS 7

2.3.- METODOLOGÍA 8

2.3.1.- Elaboración de Geobase de Datos General 8

2.3.2.- Área de Estudio 10

2.3.3.- Caracterización Física General del Borde Costero 10

2.3.4.- Caracterización Administrativa General del Borde Costero 11

2.3.5.- Caracterización Áreas Nacionales Protegidas y Elementos Turísticos del Borde Costero ... 12

2.4.- RESULTADOS 13

2.4.1.- Análisis General del Borde Costero 13

2.4.2.- Análisis de los puntos de ubicación propuestos 16

2.5.- CONCLUSIONES 28

2.5.1.- Conclusiones Localización Punto 1 28

2.5.2.- Conclusiones Localización Punto 2 29

2.5.3.- Conclusiones Localización Punto 3 29

2.5.4.- Conclusiones 30

2.5.5.- Otras Alternativas de localizaciones 30

1. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

El presente Ítem da cuenta de la factibilidad ambiental de localizar una Planta Desaladora en base a tres puntos preliminares de ubicación previamente seleccionados, a través del cruce remoto de variables espaciales ambientales, conformándose así como una herramienta de análisis general para el desarrollo del Proyecto.

1.1.- LIMITANTES Y ALCANCES PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Para el desarrollo del presente Estudio se presentaron limitantes relacionadas directamente con la disponibilidad de información pública a la cual se tuvo acceso. Principalmente, cabe mencionar, que la información oficial de carácter público disponible es escasa, siendo además en ocasiones muy restringida (información sectorizada), por consiguiente y como resultado de lo anterior el análisis fue realizado con aquella información disponible en las plataformas de Gobierno. A continuación se procede a detallar aquellos datos con los cuales se contó para la ejecución de este apartado:

- Cascos urbanos
- Sistema lacustre
- Red vial
- Subestaciones Eléctricas
- Líneas de Alta Tensión
- Sistema de Agua potable (Cuenca del Elqui)
- Zonas de Riego Agrícola (Cuenca del Elqui)
- Demanda de Agua por Ha/año (Cuenca del Elqui)
- Canales de Regadío (Cuenca del Elqui)
- Proyectos similares ambientales aprobados en el SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental)
- Zonificación del Plan Regional de Desarrollo Urbano de Coquimbo (PRDU).
- Zonificación de Plan de Desarrollo Comunal de Coquimbo (PLADECO).
- Superficies con algún nivel de protección:
    - Áreas protegidas oficiales con efecto en el SEIA
        - Parque Nacional
        - Reserva Nacional
        - Monumento Natural

- Santuarios de la Naturaleza
- Monumentos históricos
- Zonas típicas pintorescas
- Zonas de Interés turístico
- Sitios RAMSAR
- Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad
- Bienes nacionales protegidos
- Áreas de preservación ecológica

o Áreas protegidas oficiales sin efecto en el SEIA

- Lugares de interés histórico y científico
- Áreas de desarrollo indígena
- Reserva de la biosfera
- Patrimonio mundial de la humanidad

o Áreas protegidas no oficiales

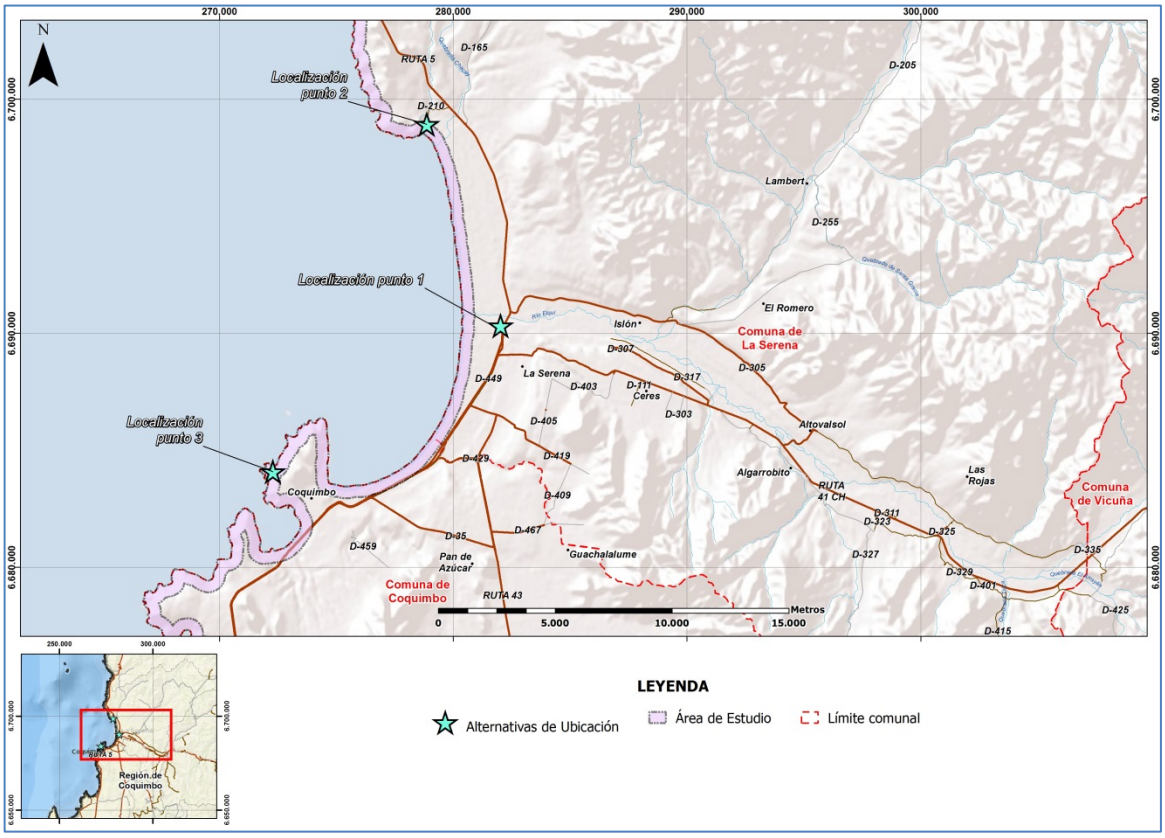
- Áreas protegidas de propiedad privada

A su vez se detalla la información a la cual no fue posible acceder durante el desarrollo del Estudio:

- Información espacial contenida en el Diagnóstico Plan Maestro para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Coquimbo.
- Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT)

Los alcances de este estudio están referidos a la localización de tres puntos previamente definidos los cuales se indican en figura siguiente. A su vez el área analizada abarca desde Caleta Hornos, al norte de la ciudad de La Serena y Caleta Tongoy, al sur de la ciudad de Coquimbo.

Figura 1: Puntos propuestos de localización de la Planta Desaladora



Fuente: Elaboración Propia

1.2.- CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO

En base a la información bibliográfica atingente y a los antecedentes revisados y recopilados respecto de proyectos de similares características que se encuentran en tramitación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, además de otros antecedentes disponibles, se han considerado una serie de condiciones generales básicas a la hora de elegir el lugar idóneo para la ubicación de la planta desaladora:

- Cercanía a la costa
- Altura sobre el nivel del mar
- Calidad de agua del mar
- Situación ambiental y de protección especial
- Ausencia de derechos mineros
- Proximidad a suministro eléctrico
- Minimizar Impacto visual/Integración paisajística

1.3.- IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

Respecto a los impactos que podría generar la instalación de una planta desaladora, cabe señalar de forma general, que dichos efectos sobre los componentes ambientales están asociados a las obras durante los períodos de construcción, operación y abandono de las mismas.

En cuanto a lo anterior se puede mencionar, de manera muy amplia, que un Proyecto de estas características puede generar los siguientes impactos:

- **Aumento de la salinidad del mar:** La descarga de agua salada provocará un aumento localizado de la salinidad en el agua de mar en la zona aledaña al emisario.
- **Afectación de Flora y Vegetación Terrestre:** asociado a los movimientos de tierra y construcción de obras de impulsión, los que pueden causar la remoción de especies vegetales que eventualmente puedan encontrarse en estado de conservación.
- **Afectación de Fauna Terrestre**: la construcción del Proyecto podría afectar el hábitat de la fauna que habita en el área de localización de las obras.
- **Alteración de Fauna Marina**: las actividades asociadas al Proyecto podrían ocasionar alteraciones de hábitat y desplazamiento natural de mamíferos marinos y afectación además por el aumento de la salinidad en el área en dónde se vestirá el agua utilizada (entorno del emisario).
- **Alteración del Paisaje**: la instalación de las obras puede afectar los atributos paisajísticos de área en donde se localizará el Proyecto.

Las tomas de succión trabajan a una velocidad de aspiración lenta inferior a 0,1m/s de modo que los efectos de arrastre y el impacto sobre los organismos marinos se puedan reducir al máximo.

Se requiere que la captación desarrolle una velocidad de entrada de flujo similar a la de las corrientes marinas.

1.4.- EXTERNALIDADES NEGATIVAS

La salmuera sufre un proceso de dilución al contacto con el medio marino. Es así como en las cercanías de la descarga, la concentración de sales del agua de mar aumenta y según nos alejamos del punto de descarga, la concentración se va igualando a la del agua de mar.

La zona de dilución dependerá de las condiciones ambientales del sector donde se produzca la descarga, de las características del medio marino, de las características de la salmuera y del diseño de la descarga.

Por todo esto, el análisis de vertido y dilución de la salmuera comprende un estudio de detalle para una etapa posterior de ingeniería.

2. ANÁLISIS AMBIENTAL PARA ESTUDIO DE UBICACIÓN

2.1.- INTRODUCCIÓN

En esta primera etapa se busca caracterizar y describir desde la perspectiva ambiental el área de localización de una planta desaladora en la costa de la Región de Coquimbo a través del uso de Sistemas de información Geográfica (SIG).

Cabe señalar que la información con la que se cuenta permitirá entregar un resultado preliminar acerca del área de localización del Proyecto, ciñéndose a los antecedentes la información espacial con la que se contaba al momento de hacer el análisis, debiendo ser complementado en una segunda etapa con la información que vaya siendo puesta a disposición.

2.2.- OBJETIVOS

Realizar una caracterización ambiental y posterior estudio de localización, en el borde costero de la Región de Coquimbo en base a variables espaciales relevantes desde la perspectiva ambiental, que den cuenta de forma inicial de la existencia de elementos y zonas sensibles en el territorio de estudio. Posteriormente se evaluarán y clasificarán la ubicación tentativa de tres específicas y, en caso de ser necesario, determinar nuevas posibles áreas de emplazamiento.

Objetivos Específicos

- Caracterizar física y ambientalmente el área de estudio en forma remota a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Evaluar el contexto físico ambiental de tres áreas propuestas para la instalación de una planta desaladora.
- Determinar, en caso de ser necesario, nuevas posibilidades de emplazamiento con una baja carga ambiental.

2.3.- METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo la descripción, caracterización y análisis de factibilidad ambiental del emplazamiento de una planta desaladora dentro del borde costero de la Región de Coquimbo se ejecutaron sistemáticamente las siguientes aproximaciones metodológicas.

En una primera etapa, se procedió a definir las variables de carácter físico y ambiental que permitieran representar y caracterizar el área de estudio. Estas capas de información o variables espaciales pasaron a conformar una geobase de datos que constituyó la base para los análisis posteriores.

Luego, y con la totalidad de las variables definidas y clasificadas, se realizó una caracterización física y de carga ambiental del área de estudio y su entorno, enfocado principalmente, en contextualizar en el desarrollo de determinar su marco de sensibilidad ambiental.

Posteriormente, en una escala de detalle mayor, se procedió a evaluar en forma individual tres ubicaciones específicas ya propuestas de manera previa.

Finalmente, se realizó un barrido espacial al borde costero del área de estudio en la búsqueda de nuevas posibles áreas de emplazamiento, que pudieran, en la medida de lo posible, acercarse a las condiciones óptimas de emplazamiento para este tipo de proyectos.

2.3.1.- Elaboración de Geobase de Datos General

Se contempló, como etapa inicial del desarrollo de este estudio, la construcción de una geobase de datos compuesta por capas de información temática, sobre las que se realizaron procesos de sobreposición, intersección y análisis, para lograr determinar la potencialidad física y ambiental del área de estudio y de emplazamiento de las áreas propuestas. Toda esta información fue administrada y procesada mediante un sistema de información geográfica (ArcGIS 10.1).

Las coberturas o capas de información temática que formaron parte de la geobase de datos de este análisis correspondieron a:

- Cascos urbanos
- Sistema lacustre
- Red vial
- Subestaciones Eléctricas

- Líneas de Alta Tensión
- Sistema de Agua potable (Cuenca del Elqui)
- Zonas de Riego Agrícola (Cuenca del Elqui)
- Demanda de Agua por Ha/año (Cuenca del Elqui)
- Canales de Regadío (Cuenca del Elqui)
- Proyectos similares ambientales aprobados en el SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental)
- Zonificación del Plan Regional de Desarrollo Urbano de Coquimbo
- Zonificación de Plan de Desarrollo Comunal de Coquimbo
- Superficies con algún nivel de protección:
    - Áreas protegidas oficiales con efecto en el SEIA
        - Parque Nacional
        - Reserva Nacional
        - Monumento Natural
        - Santuarios de la Naturaleza
        - Monumentos históricos
        - Zonas típicas pintorescas
        - Zonas de Interés turístico
        - Sitios RAMSAR
        - Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad
        - Bienes nacionales protegidos
        - Áreas de preservación ecológica
    - Áreas protegidas oficiales sin efecto en el SEIA
        - Lugares de interés histórico y científico
        - Áreas de desarrollo indígena
        - Reserva de la biósfera
        - Patrimonio mundial de la humanidad
    - Áreas protegidas no oficiales
        - Áreas protegidas de propiedad privada

Una vez conformada la geobase de datos espaciales para este estudio, se procedió a realizar, en forma independiente y secuencial, los siguientes análisis:

2.3.2.- Área de Estudio

Como área de estudio, se determinó el polígono formado por la extensión del borde costero de la Cuarta Región de Coquimbo entre las localidades de Caleta Hornos y Tongoy con un ancho de 500m lineales hacia el interior. Esta unidad (ancho de polígono) fue definida en base a la dificultad técnica y económica que tiene el emplazamiento de una planta desalinizadora marina en áreas demasiado lejanas al borde costero.

2.3.3.- Caracterización Física General del Borde Costero

Con la geobase de datos ya conformada, se procedió a definir las variables de carácter físico que permitiera representar y caracterizar el área de interés. Este análisis tuvo por finalidad lograr enmarcar el área de estudio dentro del espacio y contextualizarla dentro de su entorno físico. Cada una de las variables utilizadas en esta etapa se detalla a continuación:

- Cascos Urbanos: Corresponden a la superficie utilizada por las principales ciudades dentro del área de estudio. Se utilizaron con la finalidad de identificar y cuantificar el área de emplazamiento del Proyecto en relación a las áreas urbanas habitadas más cercanas.

- Sistema Lacustre: Son lagos y lagunas. Se utilizaron con la finalidad de relacionar el emplazamiento del Proyecto respecto a de cualquier cuerpo de agua y/o sistema lacustre.

- Rutas de Acceso: Corresponde a todas las rutas y caminos oficiales del país, catalogados por tipo de carpeta de rodado – pavimento, ripio o tierra -, lo que permitió evaluar el grado accesibilidad con que cuenta el área de estudio.

- Sub-estación Eléctrica: Corresponde al catastro de sub-estaciones eléctricas establecidas dentro del territorio. Esta variable permitió establecer la distancia de los proyectos a la instalación más cercana.

- Generadoras de energía: Corresponde a aquellas generadoras de energía localizadas dentro del territorio.

- Líneas de Alta Tensión (LAT): Corresponde a la red de transmisión y distribución eléctrica del país. Esta variable permitió establecer la distancia de los proyectos sobre la línea de distribución eléctrica más cercana.

- Sistema de Agua potable (Cuenca del Elqui): Corresponde a la superficie de la red de distribución del sistema de agua potable.

- Zonas de Riego Agrícola (Cuenca del Elqui): Corresponde a todas aquellas unidades de cultivo agrícola que actualmente tienen requerimientos hídricos.

- Demanda de Agua por Ha/año (Cuenca del Elqui): Corresponde a unidades territoriales identificadas, dentro de la cuenca del río Elqui, con una demanda de agua establecida. Esta variable permitió establecer y determinar las zonas de mayor demanda por agua.

- Canales de Regadío (Cuenca del Elqui): Corresponde a la red de canales de distribución de agua de riego para la cuenca del río Elqui.

- Propiedad minera: Corresponde al conglomerado de todas aquellas concesiones mineras vigentes, tanto de exploración como de explotación, presentes dentro del área de estudio. Esta cobertura contextualizará el territorio respecto a su posible ocupación minera.

2.3.4.- Caracterización Administrativa General del Borde Costero

En relación con la caracterización administrativa del área de estudio se evaluó, en primera instancia por contar con un mayor nivel de alcance territorial, la zonificación propuesta por el Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) de la Región de Coquimbo, herramienta destinada a orientar el desarrollo de la región. Este instrumento es de carácter indicativo y clasifica el territorio dentro de las siguientes categorías:

- Áreas de riesgo por tsunami.
- Áreas de aptitud preferentemente agrícola.
- Áreas de aptitud preferentemente pecuaria.
- Áreas de biodiversidad de endemismo.
- Áreas de sensibilidad ecosistémica.
- Áreas de humedales costeros.

Adicionalmente, dentro de una escala de detalle mayor y con un carácter regulador y normativo, se evaluó la zonificación del Plan Regulador Comunal de Coquimbo el cual contempla la zonificación del territorio principalmente en los núcleos poblados. Esta zonificación de detalle entrega, en forma general, las siguientes categorías:

- Áreas Residenciales.
- Áreas de Extensión Urbana.
- Áreas Mixtas.
- Áreas de Conservación.
- Áreas de Preservación Ecológica.
- Áreas de Restricción.

- Áreas de Protección.
- Áreas de Turismo y esparcimiento.
- Áreas de Protección Ambiental.
- Áreas de Protección a la Infraestructura.

De esta manera, se establecieron las prioridades de ocupación del territorio dentro del área de estudio, permitiendo generar áreas y niveles de restricción administrativas al emplazamiento de este tipo de proyectos dentro del borde costero.

2.3.5.- Caracterización Áreas Nacionales Protegidas y Elementos Turísticos del Borde Costero

En una tercera etapa, se procedió a clasificar y caracterizar las áreas de emplazamiento de cada uno de los proyectos, respecto de una evaluación conjunta de las formaciones vegetales presentes en cada área y de las superficies con algún nivel de protección nacional vigente para la región, como sigue:

- Superficies con algún nivel de protección: Corresponden a zonas de restricción que, debido a su particularidad, se encuentran bajo protección -tanto oficial como no oficial- y son principalmente destinadas a la conservación y/o preservación del patrimonio histórico, cultural y ambiental del país. La utilización de esta variable permite descartar y/o identificar aquellas áreas del proyecto que podrían estar en conflicto territorial con estas zonas protegidas.

- Atractivos turísticos: Corresponden a elementos materiales e inmateriales que genera un flujo de desplazamiento turístico. Esta cobertura se utilizó con la finalidad de relacionar el área de estudio con la densidad de elementos turísticos presentes en la zona.

- Área turística Prioritaria: Corresponde a todas aquellas áreas cuya homogeneidad interna está dada por la presencia de atractivos turísticos naturales o culturales, singularidad de paisaje y belleza escénica, junto a procesos e interrelaciones entre ellos, todos los cuales adquieren valor turístico al atraer flujos de visitantes y turistas hacia ellos, convirtiendo esta área y su entorno en un conjunto sistémico de valor turístico. Esta cobertura se utilizó para relacionar el área de estudio con aquellas zonas turísticas de relevancia.

2.4.- RESULTADOS

2.4.1.- Análisis General del Borde Costero

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

- Cascos Urbanos: En relación con cascos urbanos se detectaron dos grandes conglomeraciones que corresponden a las ciudades de La Serena y Coquimbo, las que se encuentran conurbadas formando una sola aglomeración urbana. Adicionalmente, se identificaron unidades urbanas menores, dentro del área de estudio y asociadas principalmente al borde costero, las que corresponden a las localidades de Totoralillo, Las Tacas, Morrillos y Guanaqueros.

- Sistema Lacustre: Dentro del área de estudio, no se detectó la presencia de lagos ni lagunas.

- Rutas de Acceso: Dentro del área de estudio y, aproximadamente desde la altura de Guanaqueros Hasta Caleta Hornos, la Ruta 5, principal vía de comunicación terrestre del País, atraviesa longitudinalmente el sector paralelo al borde costero y a una distancia que no supera los 2 km de la costa. Por otra parte, es posible determinar caminos menores que llegan hacia la costa desde la Ruta 5 como las rutas D-410, D-420, D-430, D350 y D-210. Esta condición brinda, en términos generales, una buena conectividad al sector.

- Sub-estación Eléctrica: Dentro del área de estudio la mayor concentración de Sub-estaciones eléctricas se encuentran asociadas al núcleo urbano Coquimbo-La Serena, identificándose siete sub estaciones dentro de este sector, de las cuales, una de ellas (S/E CGE) se encuentra a 100 metros de la costa en el sector de Caleta Guayacán. Las restantes sub estaciones asociadas al núcleo urbano se encuentran entre los 3 y 4 km de la costa aproximadamente. Por otra parte, fuera del complejo urbano Coquimbo la Serena, es posible encontrar sólo una sub estación eléctrica, dentro del área de interés, que corresponde a la S/E Tap Off CGE asociada a la ruta R-43, a la altura de Lagunillas, a más de 13 km de la costa.

- Líneas de Tensión Eléctrica: Se observan dentro del área de interés 4 líneas de alta tensión, asociadas principalmente a la conectividad de las subestaciones eléctricas asociadas al complejo urbano Coquimbo-La Serena cuyos tramos corresponden a “Pan de Azúcar-Ovalle”, “Guayacán – Pan de Azúcar”, “Pan de Azúcar-Marqueza”, “Pan de Azúcar-San Martín”.

- Generadoras de Energía: Según el catastro energético del año 2009 y actualizaciones posteriores, hasta la fecha la Región no cuenta con infraestructura de generación de energía operacional. Sin embargo los registros del Sistema de Evaluación Ambiental muestran la existencia de 50 proyectos de generación energética para la Región, de los cuales el 68% se encuentran ambientalmente aprobados y de los cuales ninguno de ellos se encuentra cercano al borde costero dentro del área de interés[1].

- Proyectos similares ambientales aprobados en el SEIA: Dentro de la unidad de estudio y a escala regional no se detectaron proyectos de similares características dentro de las bases de datos del sistema de evaluación ambiental del País[2].

- Superficies con algún nivel de protección: Se detectó la presencia de tres Sitios Prioritarios para la Conservación de la Naturaleza, dos de ellos corresponden a la Red de Humedales Costeros de la Comuna de La Serena. A su vez, el tercer Sitio corresponde a Punta Teatinos-Caleta Hornos, el cual se encuentra catalogado como Sitio de Prioridad I[3]. Por otra parte se detectó la presencia de un Área de Preservación Ecológica denominada Humedal de Tongoy.

Unidad	Distancia a Casco urbano	Extensión aproximada
Red de Humedales Costeros de Coquimbo 1	8,7 km dentro de zona urbana	17,5 km
Red de Humedales Costeros de Coquimbo 2	12,5 Km	-
Red de Humedales Costeros de Coquimbo 3	30,2 Km	-
Área de preservación ecológica Humedales de la Bahia de Tongoy	35,6 Km	7,2 Km
Punta Teatinos-Caleta Hornos/Sector costero al Norte de la Serena	8,9 Km	36,7 Km

[1] SEA, Servicio de Evaluación Ambiental mediante Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental electrónico (e-SEIA)

[2] SEA, Servicio de Evaluación Ambiental mediante Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental electrónico (e-SEIA)

[3] Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en Chile.

- Monumentos Históricos: Se detectaron alrededor de 19 elementos históricos los que se encuentran localizados, en su mayoría, en el casco urbano de las ciudades de La Serena y Coquimbo.

- Propiedad Minera: En cuanto a los registros de las concesiones mineras dentro del área de estudio es posible observar que, dentro del límite costero del área de estudio, las superficies bajo concesión son escasa y aisladas. Sin embargo, es posible determinar dos puntos de concentraciones de concesiones mineras, las que se ubican en el sector de Caleta Hornos y dentro del sector de la Higuera. El resto de la franja costera sólo muestra concesiones de carácter aislado.

- Concesiones Marítimas: Para la zona costera del área de estudio y según el catastro de concesiones marítimas, tanto otorgadas como aquellas que se encuentran actualmente en trámite, muestran que para el área de estudio existen otorgamientos concentrados, principalmente, frente al núcleo urbano Coquimbo – La Serena y en el sector de Las Tacas - Totoralillo. Adicionalmente se encuentran en trámite concesiones para el sector de Guanaqueros y la ensenada del Panul. Para el resto del territorio marino no se registran concesiones marítimas otorgadas ni en trámite.

- Atractivos Turísticos: Dentro de los atractivos turísticos presentes para el área de estudio, es posible identificar la existencia de 75 atractivos turísticos. De estos, 66 se encuentran asociados al núcleo urbano de Coquimbo – La Serena y el sector de Tongoy. El resto de los atractivos se encuentra dispersos dentro de la franja costera del área de estudio.

- Área turística Prioritaria: La totalidad del área de estudio, tramo desde Caleta Hornos – Tongoy, se encuentra inserta dentro del área turística prioritaria “Punta Teatinos – Punta Aldea”, que recorre todo el borde costero desde el Norte de La Serena hasta aproximadamente 20 km al Sur de Tongoy. Cabe mencionar que las áreas turísticas prioritarias muestran lineamientos generales de áreas turísticamente relevantes, con acumulación de atractivos turísticos, sin embargo constituye un instrumento de carácter netamente indicativo.

- Otros: Finalmente, las capas de información sobre los datos hídricos espaciales de la cuenca del Elqui (Sistema de agua potable, Zonas de Riego, Canales de Regadío y Demanda por Agua (Ha/año) se han representado dentro del plano de la caracterización física del territorio, adjunto a

este documento, ya que no corresponden áreas con algún tipo de restricción sino que muestran información complementaria al estudio.

2.4.2.- Análisis de los puntos de ubicación propuestos

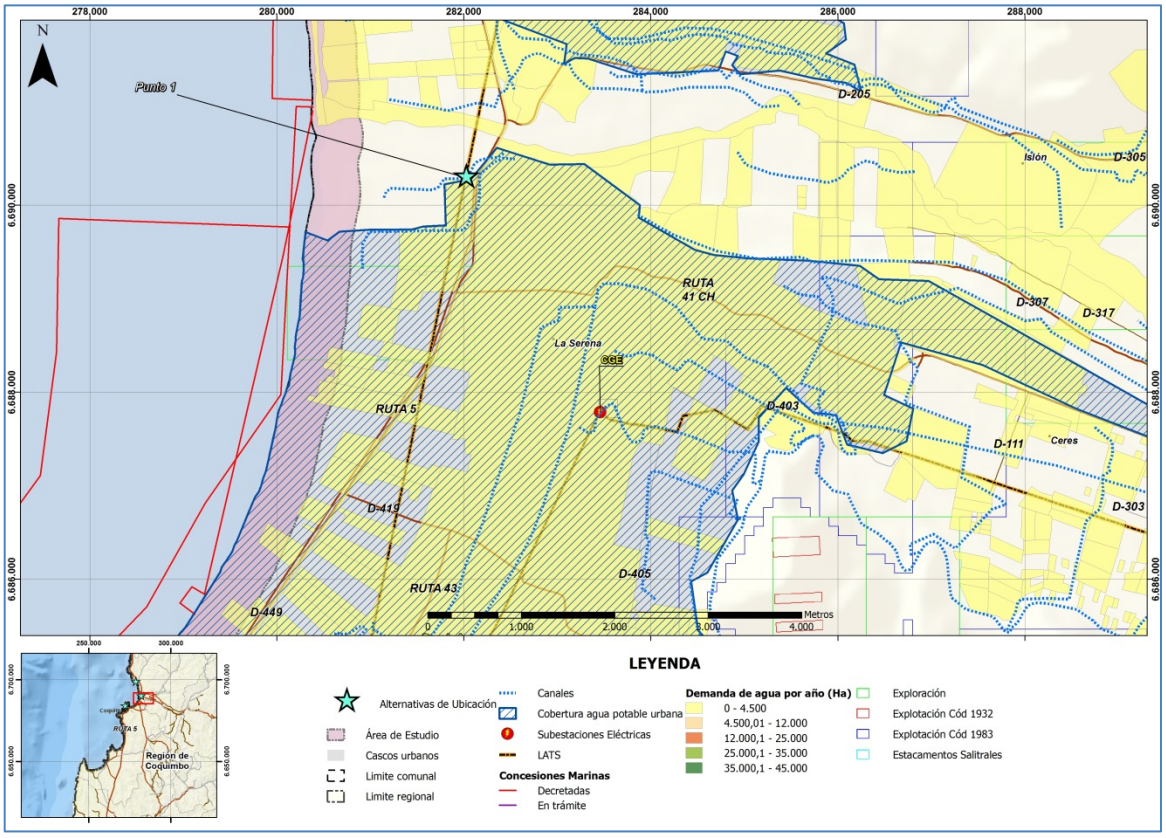
2.4.2.1.- PUNTO 1.- Ubicación en Plano de Propuesta 1

En términos generales, y respecto a la caracterización física de esta alternativa de emplazamiento, es relevante destacar su ubicación al centro del núcleo del complejo urbano Coquimbo – La Serena. Esta ubicación se encuentra, a su vez, aproximadamente a 1,6 km de la línea de costa a unos 12 m.s.n.m.

La accesibilidad al sitio propuesto, por su parte, es muy buena con la presencia de calles locales de que permiten llegar directamente hasta el sector de emplazamiento. Adicionalmente, el área propuesta se encuentra aproximadamente a 200 m de la Ruta 5, principal vía de conectividad terrestre del País.

Con respecto a la proximidad de una fuente de energía es posible determinar que la Subestación eléctrica más cercana corresponde a la S/E Tap Off CGE distante, aproximadamente, a 4 km de la ubicación propuesta. Adicionalmente, el área cuenta con acceso relativamente cercano a la red de distribución de energía (líneas de alta tensión eléctrica).

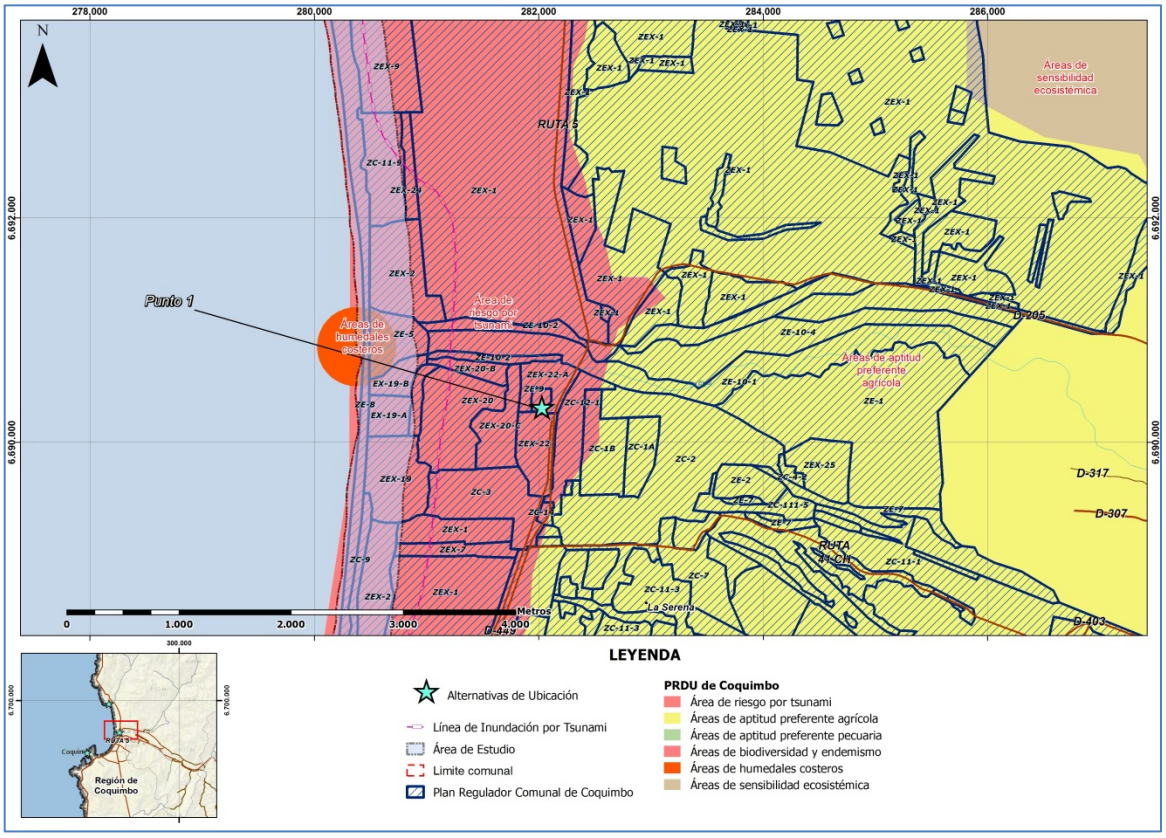
Figura 2. Caracterización física del entorno de la propuesta (Punto 1) asociada a la planta de tratamiento primario de La Serena.



Por otra parte no se registran concesiones mineras vigentes dentro del entorno inmediato a la ubicación propuesta, mientras que existe dentro del territorio marítimo una concesión marítima establecida en el sector costero frente al punto de localización.

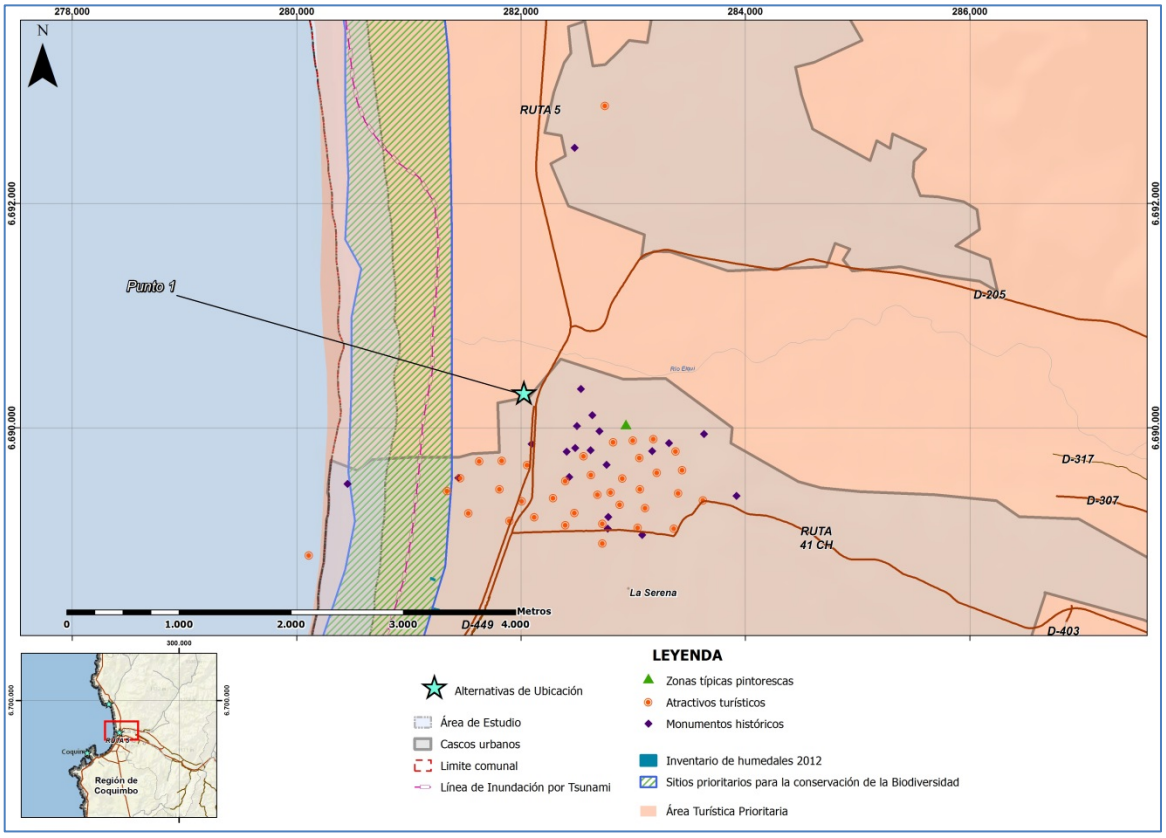
Dentro del contexto administrativo de la región, el área de emplazamiento de la propuesta se encuentra localizada dentro de la zonificación Área de Riesgo por Tsunami de acuerdo a lo establecido por el Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) de la Región de Coquimbo. Por otra parte, esta unidad en el marco del Plan Regulador de la Comuna de La Serena (PRC) se encuentra emplazada en un área catalogada como Área de Protección de Infraestructura (ZE-9), por lo que dentro del uso permitido se encuentra la localización de plantas de tratamiento sanitario, subestaciones eléctricas y trazados de líneas de alta tensión.

Figura 3. Caracterización administrativa del entorno de la propuesta (Punto 1) asociada a la planta de tratamiento primario de La Serena.



En cuanto a las áreas con algún nivel de protección oficial, el área propuesta no se encuentra inserta dentro de ninguna zona catalogada como de Protección Natural.

Figura 4. Caracterización de áreas bajo protección del entorno de la propuesta (Punto 1) asociada a la planta de tratamiento primario de La Serena.



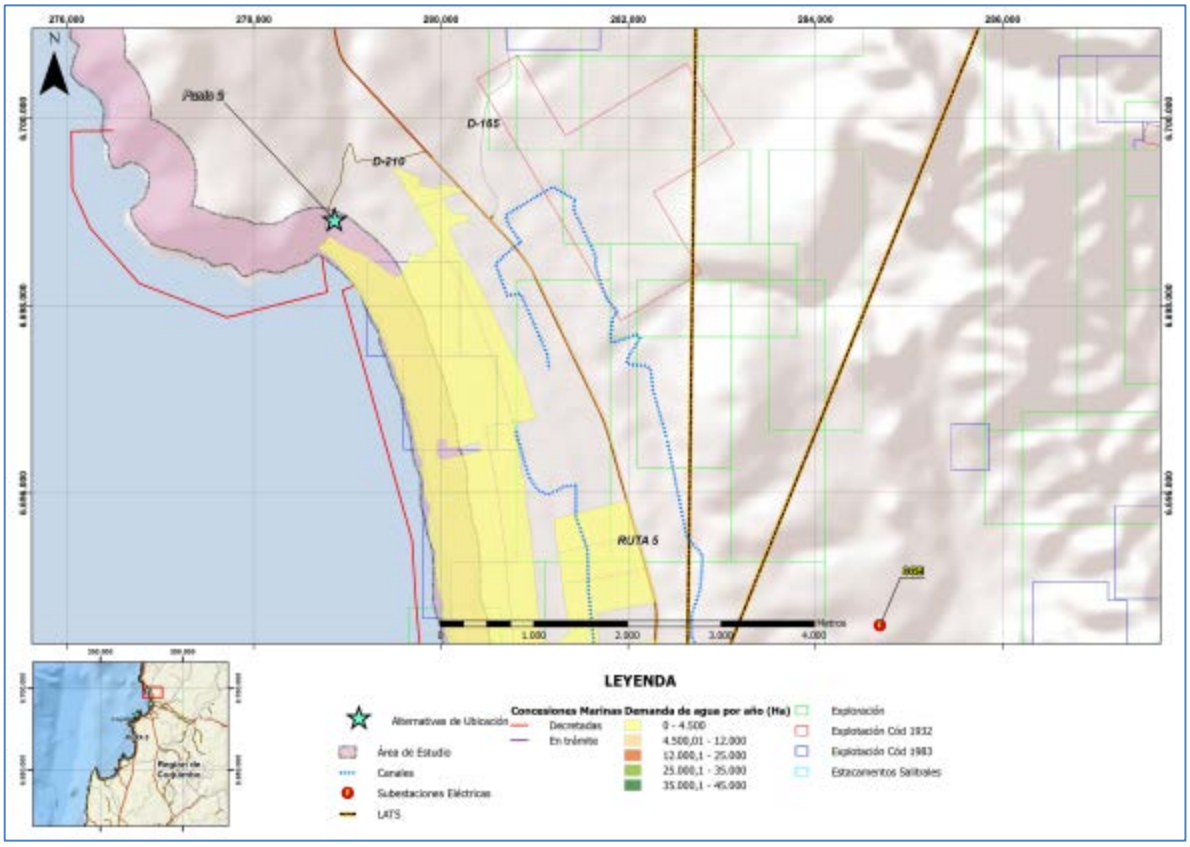
En cuanto al contexto turístico por su parte, el área evaluada se encuentra inserta dentro de un Área turística prioritaria, lo que no genera restricciones al proyecto ya que dicha zonificación es de carácter indicativo y no normativo. Por otro lado se han detectado atractivos turísticos en el entorno cercano del punto de ubicación.

2.4.2.2.- PUNTO 2.- Ubicación Punta Teatinos

Desde el contexto urbano el área propuesta como "Punto 2" se ubica fuera de las áreas con mayor densidad urbana, al norte de la ciudad de La Serena a unos 5 km de distancia. El acceso, por su parte, es bueno pudiendo llegar a la zona propuesta por medio de la ruta D-210 que une la ruta Panamericana (Ruta 5) con Punta Teatinos.

Con respecto a la proximidad de una fuente de energía se determinó que la Subestación eléctrica más cercana corresponde a la S/E CGE distante aproximadamente a 7 km de la ubicación propuesta. Adicionalmente, el área cuenta con acceso relativamente cercano a la red de distribución de energía (Líneas de alta tensión eléctrica).

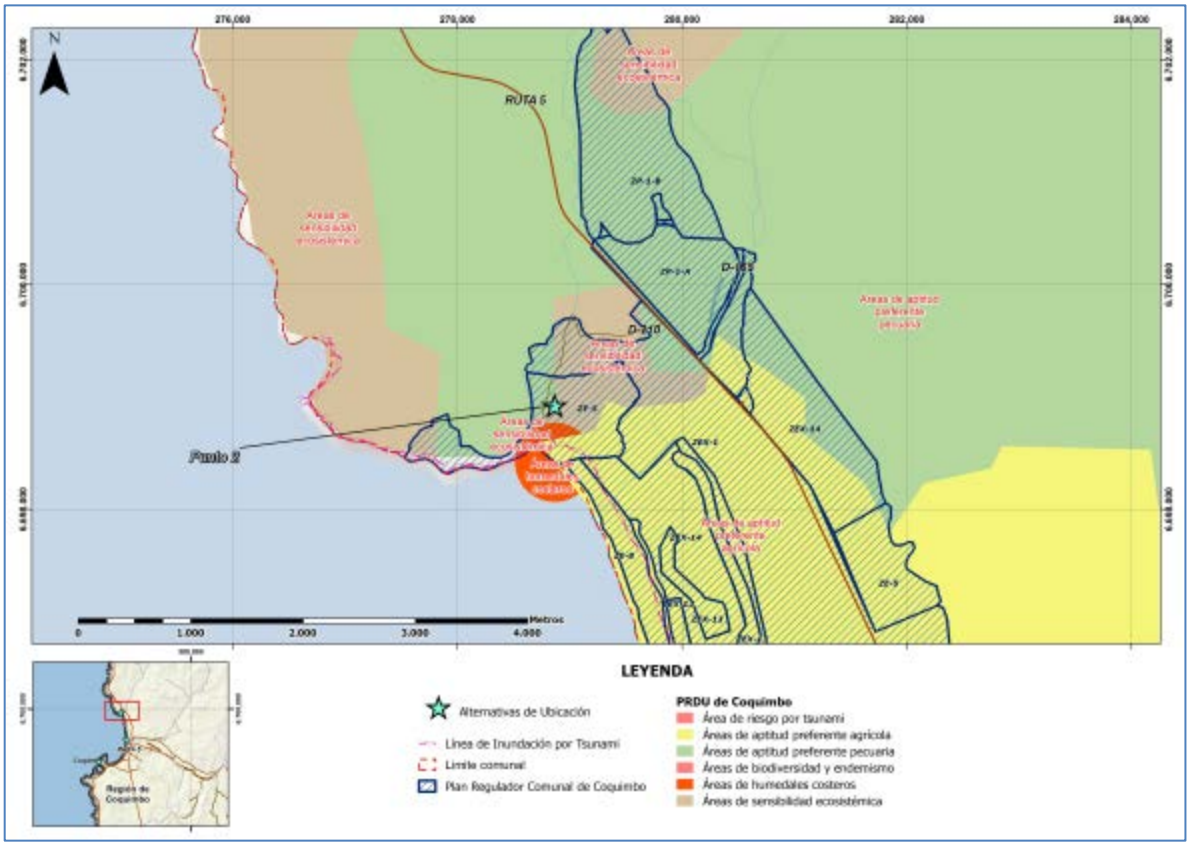
Figura 5. Caracterización de física del entorno de la propuesta (Punto 2) asociada al sector de Punta Teatinos.



Respecto al registro de concesiones mineras vigentes en la ubicación exacta del punto propuesto no se detectan unidades, sin embargo en un radio de 500 metros existe el registro de una concesión minera de explotación a nombre de Administradora Serena Norte S.A. El contexto marítimo, por su parte, presenta dos concesiones dentro del entorno de la ubicación propuesta.

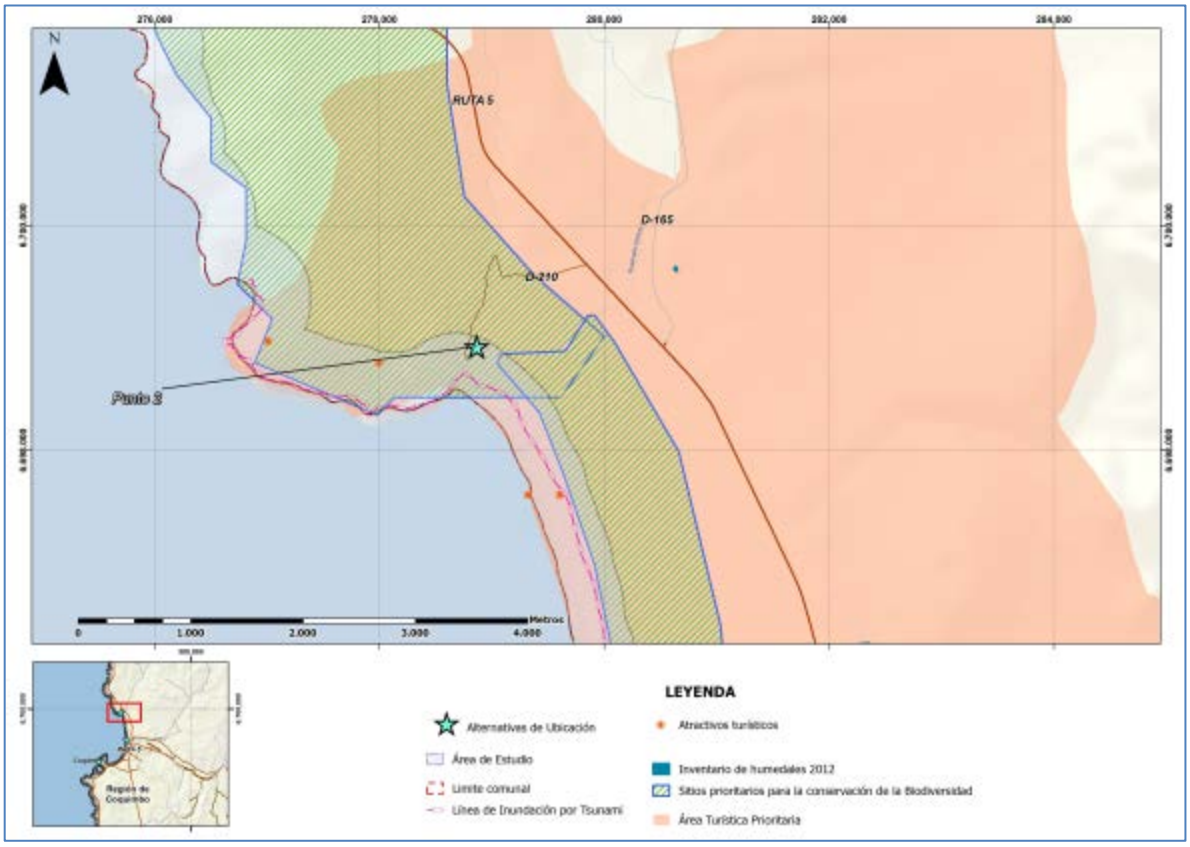
Por otra parte, el área propuesta dentro del contexto administrativo regional, ocupa un territorio clasificado como Área de sensibilidad ecosistémica en la zonificación territorial del Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) de la Región de Coquimbo. Adicionalmente, y a una escala de planificación mayor, dentro del Plan Regulador de la Comuna de La Serena, el área propuesta se encuentra inserta dentro de un área catalogada como de Preservación Ecológica (ZE-5), dentro de la cual no se contempla el uso industrial.

Figura 6. Caracterización administrativa del entorno de la propuesta (Punto 2) asociada a al sector de Punta Teatinos.



En cuanto a las áreas con algún nivel de protección oficial, el área propuesta se encuentra inserta dentro del "Sector costero al norte de La Serena (Punta Teatinos)", considerado como Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad.

Figura 7. Caracterización de áreas bajo protección del entorno de la propuesta (Punto 2) asociada al sector de Punta Teatinos.



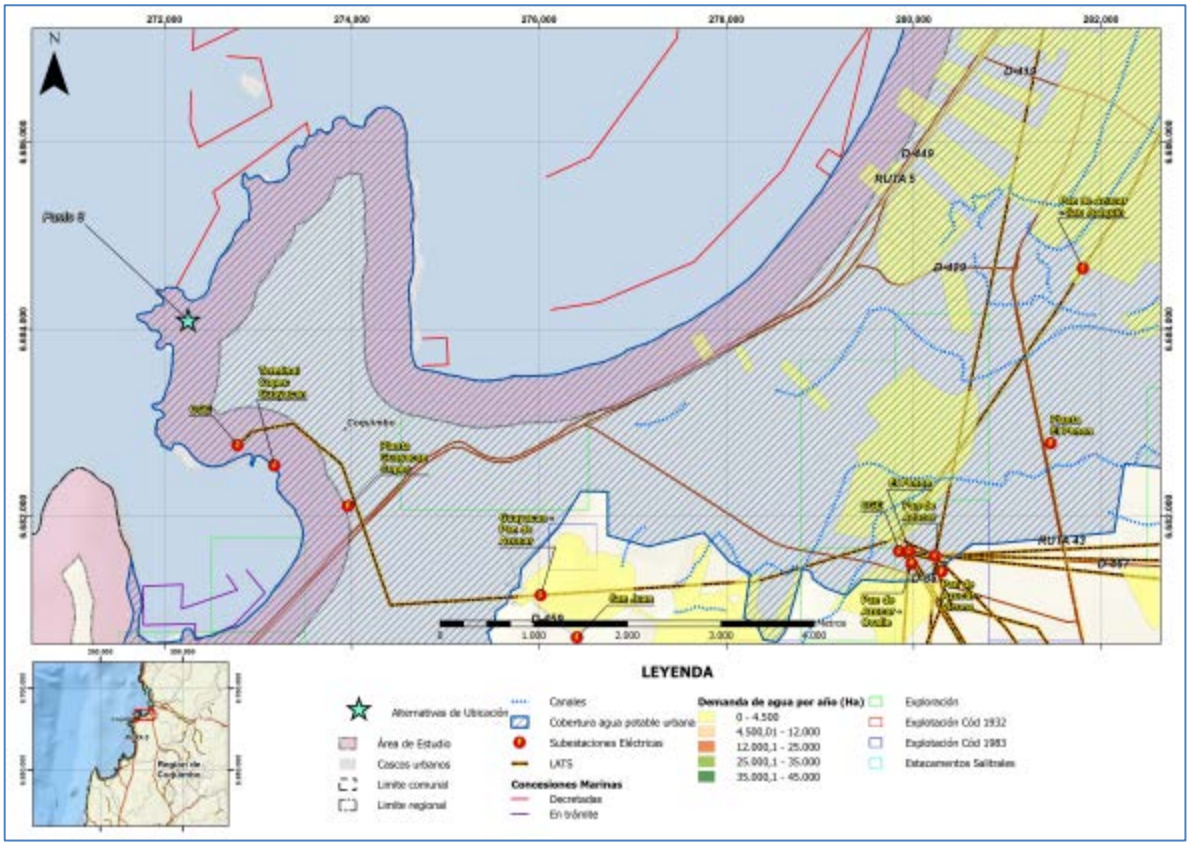
Adicionalmente, el contexto turístico en el entorno del punto propuesto se desarrolla básicamente enmarcando el territorio de emplazamiento dentro de un área turística prioritaria, donde la laguna de punta teatinos se ha convertido en un atractivo turístico para el desarrollo de la observación de vida silvestre, actividades de esparcimiento al aire libre y el desarrollo de algunos deportes acuáticos.

2.4.2.3.- PUNTO 3.- Ubicación en Plano de Propuesta 3

Desde el contexto urbano el área propuesta como "Punto 3" se ubica fuera de las zonas de mayor densidad urbana, al sur de la ciudad de Coquimbo en el sector conocido como la Pampilla. El acceso, por su parte, es mediana calidad existiendo un camino rústico (Tierra) que permite acercarse al área propuesta.

La proximidad de este punto de localización a una fuente de energía es adecuada, existiendo una subestación eléctrica (S/E Guayacán) a menos de 2 km de la ubicación tentativa de la desaladora. Adicionalmente, el área cuenta con acceso relativamente cercano a la red de distribución de energía (Líneas de alta tensión eléctrica).

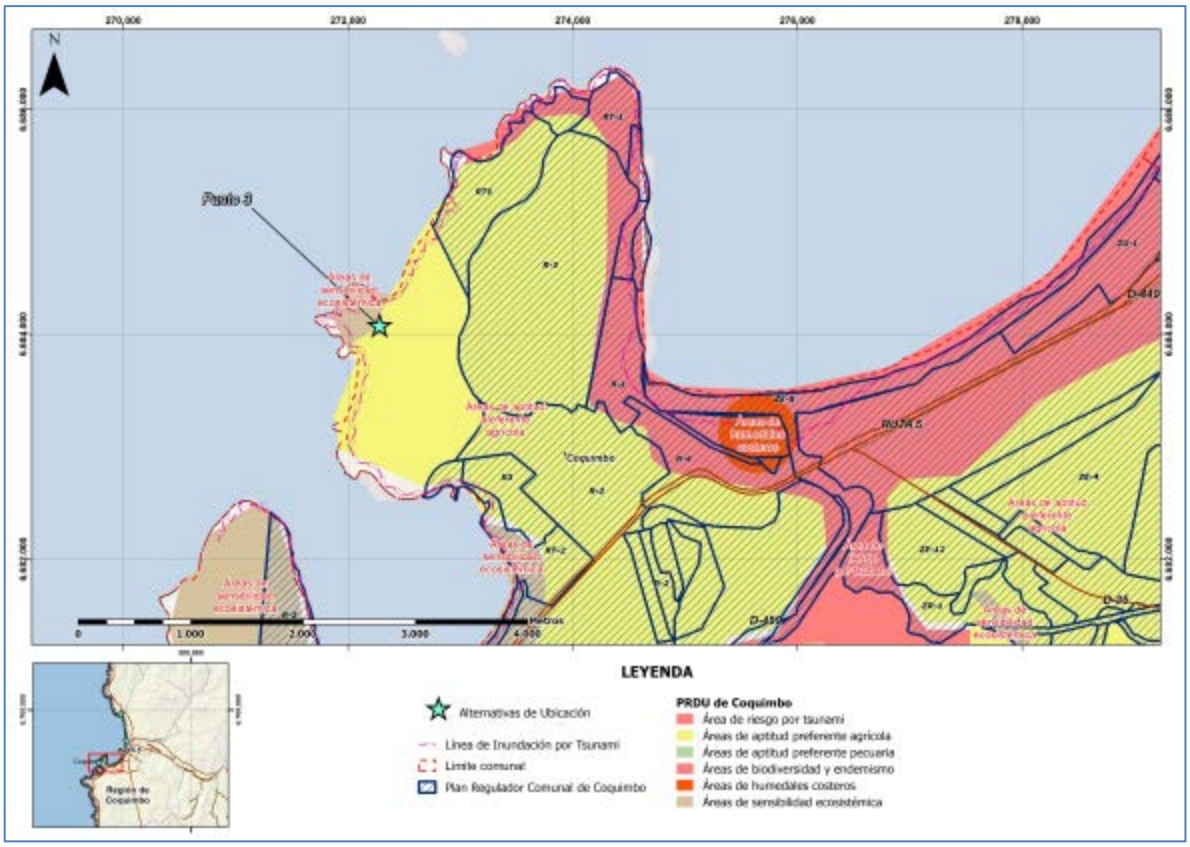
Figura 8. Caracterización física del entorno de la propuesta (Punto 3) asociada a la planta de tratamiento primario de Coquimbo.



Por otra parte, no se registran concesiones mineras vigentes en el área propuesta ni en su contexto cercano. En cuanto al espacio marítimo costero dentro del sector propuesto, no se registran concesiones marítimas vigentes.

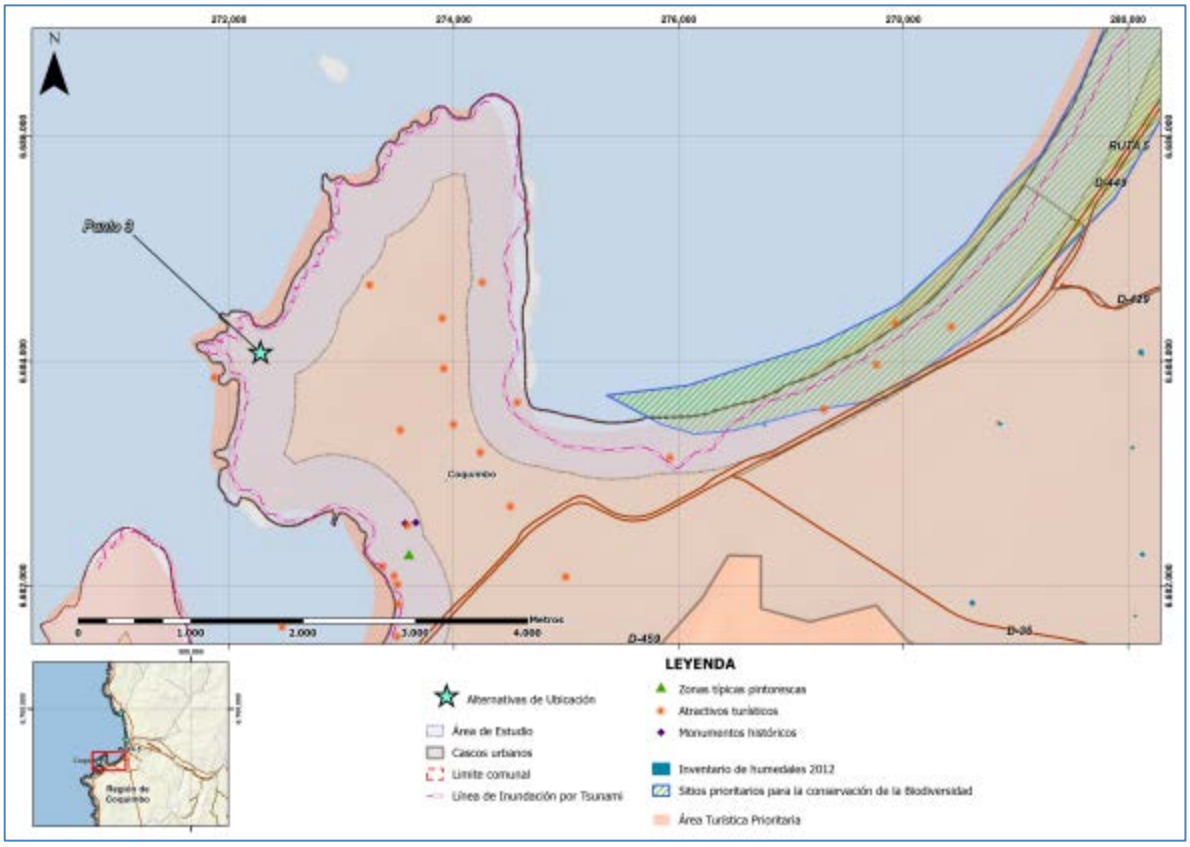
Dentro del contexto administrativo, el área propuesta se encuentra inserta dentro de la zonificación del Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) de la Región de Coquimbo en una zona de Sensibilidad ecosistémica. Por otra parte, el área propuesta se encuentra fuera de los alcances de la zonificación del Plan Regulador Comunal de la Región de Coquimbo, por lo que no presenta restricciones en este sentido.

Figura 9. Caracterización administrativa del entorno de la propuesta (Punto 3) asociada a la planta de tratamiento primario de Coquimbo.



En cuanto a las áreas con algún nivel de protección oficial, el punto propuesto se encuentra emplazado en una zona libre, fuera de cualquier área protegida.

Figura 10. Caracterización de áreas bajo protección del entorno de la propuesta (Punto 3) asociada a la planta de tratamiento primario de Coquimbo.



El contexto turístico del área propuesta se enmarca dentro de un área turística prioritaria, donde existen algunos atractivos turísticos cercanos al área propuesta, como Faro de Punta Tortuga o Mirador de los Navegantes. Adicionalmente, en el entorno del punto propuesto se encuentra el sector de la pampilla donde se desarrolla anualmente, en el marco de las fiestas patrias, una actividad multitudinaria de carácter recreativo y popular, sin embargo, se estima que el área de influencia del proyecto no debería afectar este sector.

2.4.2.4.- Resumen de la carga ambiental

De esta manera, el resumen de la carga ambiental de cada uno de los puntos propuestos se sintetiza mediante la siguiente tabla:

Tabla 1. Cuadro resumen de la carga ambiental de cada uno de los puntos propuestos para la ubicación de planta desaladora en el borde costero de La Serena - Coquimbo.

	Ubicación	Accesibilidad	Acceso a Energía	Carga Ambiental					
				Planificación Territorial		Áreas Protegidas	Concesiones	Riesgo	Turismo
				PRDU	PRC				
Punto 1	Buena	Buena	Buena	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Baja
Punto 2	Buena	Buena	Buena	Media	Alta	Alta	Media	Baja	Alta
Punto 3	Buena	Media	Buena	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

- **Definición de categorías alta, media y baja.**

Categoría Alta: Señala cuando uno de los puntos de localización presenta restricciones frente al emplazamiento de las obras respecto a un elemento en particular.

Categoría Media: Señala cuando alguno de los puntos de localización presenta determinadas restricciones para el emplazamiento de las obras respecto a un elemento en particular.

Categoría Baja: Señala cuando alguno de los puntos de localización no presenta restricciones para el emplazamiento de las obras respecto a un elemento en particular.

- **Determinación de criterios:**

Ubicación: en relación con el desplazamiento respecto a la cercanía o lejanía a algún casco urbano.

Accesibilidad: se evalúa de acuerdo la existencia o no, de caminos para poder llegar al punto propuesto y distancia a rutas principales (Ruta 5).

Acceso energía: se evalúa considerando la distancia a la red de distribución eléctrica.

Planificación territorial: se evalúa en base la presencia de áreas de restricción determinadas en los IPT, donde no sea factible el uso industrial. Cabe señalar que PRDU es de carácter indicativo y PRC es de carácter normativo.

Concesiones mineras y marítimas: se evalúa de acuerdo a dos parámetros: que el área de emplazamiento del proyecto se encuentre dentro de un área de concesión minera o bien, que en territorio marino cercano al área de proyecto exista una concesión marítima.

Áreas protegidas: se evalúa en consideración de la presencia de algún área protegida lo cual implica la obligatoriedad de evaluar el proyecto ambientalmente.

Riesgo: se evalúa en relación con la localización del proyecto dentro de algún área considerada de riesgo de inundabilidad por tsunami.

Turismo: localización del área de Proyecto cercana o al interior de hot spots de turismo.

2.5.- CONCLUSIONES

En términos generales, el borde costero de la Cuarta región de Coquimbo, entre las localidades de Caleta Hornos y Tongoy, presenta dos grandes conglomeraciones conurbadas que forma el complejo urbano de La Serena - Coquimbo. Acompañando esta gran masa urbana, y asociado principalmente al borde costero del área de estudio, es posible encontrar también pequeñas unidades urbanas.

Por otra parte, el contexto energético regional presenta una concentración de Sub-estaciones eléctricas asociadas al núcleo urbano Coquimbo - La Serena, mientras que el resto del borde costero presenta restricciones de conectividad eléctrica para este tipo de proyectos, debido a la lejanía de este tipo de instalaciones con su fuente de energía.

Dentro de las superficies con algún nivel de protección dentro del borde costero, destaca la presencia de tres Sitios Prioritarios para la Conservación de la Naturaleza y un Área de Preservación Ecológica, dando cuenta de la valoración ambiental que presenta el borde costero regional.

Adicionalmente, existe una vasta extensión territorial, a nivel regional, que se encuentra bajo concesiones mineras, mientras que en el sector marítimo se encuentran concesionados los territorios marítimos asociados a las unidades urbanas, tanto de pequeña como de gran escala.

Respecto al turismo, el borde costero de la cuarta región, y en particular el complejo urbano de La Serena - Coquimbo, se presenta como un área turística prioritaria a nivel nacional y con una alta conglomeración de atractivos turísticos. Sin embargo, esta condición representa lineamientos y una caracterización general e indicativa del territorio, no teniendo influencia directa sobre la evaluación ambiental de algún tipo de proyectos.

2.5.1.- Conclusiones Localización Punto 1

En términos específicos, se determinó la carga ambiental y el contexto territorial de tres propuestas de ubicación para el emplazamiento de una planta desaladora. De esta manera, la alternativa de la ubicación asociada a la planta de tratamiento primario de La Serena (Punto 1) presenta una carga ambiental de magnitud baja, lo que estaría conferido en parte, por su localización fuera de las áreas protegidas existentes en la zona, salvo la referida a zonificación por riesgo de tsunami, lo que no implicaría una restricción de tipo normativo. Se suma a la baja carga ambiental lo establecido en el PRC en donde se determina dicha zona como de “protección a la infraestructura sanitaria y energética (ZE-)”, lo que se plantea como una condición favorable para el desarrollo del Proyecto.

En relación con concesiones otorgadas, dentro del territorio marítimo cercano, existen concesiones marítimas conferidas, por lo que se debe tener en consideración la descarga al mar dado el eventual aumento de la salinidad como impacto asociado a este tipo de proyectos.

Otra situación que se presenta es la cercanía del punto propuesto con el río Elqui, sitio que se considera como ambientalmente sensible ya que en el PRC se ha definido como un área de protección (ZE-10-2), por lo que es un factor a tener en cuenta, pero que sin embargo no genera una restricción para su instalación.

Respecto al contexto turístico, la localización en una zona determinada como área turística prioritaria no se presenta como condición desfavorable para la materialización del proyecto ya que esta zonificación es de carácter indicativo.

Finalmente cabe destacar que una condición favorable para esta localización sería su cercanía a la planta de tratamiento primario de La Serena.

2.5.2.- Conclusiones Localización Punto 2

Por su parte, el segundo punto propuesto, ubicado en el sector de Punta Teatinos, se presenta con una carga ambiental de media a alta, lo que estaría asociado a su localización dentro del Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad "Sector Costero al Norte de la Serena (Punta Teatinos)", condición que establece, que el Proyecto deba someterse al sistema de evaluación ambiental, según lo establecido en el artículo 11 literal d de la Ley 19.300. Adicionalmente, y según la magnitud del impacto se deberá evaluar eventualmente la necesidad de tramitar el Proyecto mediante la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, según lo establecido en el artículo 8 del Decreto Supremo N°40, por localizarse dentro de un Sitio Prioritario de Conservación.

De la misma manera que el punto anterior, la zonificación del Plan Regulador de la Comuna de La Serena señala al área propuesta dentro de una zona de "Preservación Ecológica", dentro de la cual no se contempla, como ya se ha mencionado, el uso industrial. Pese a lo anterior un elemento a favor de esta propuesta de localización es la ubicación fuera del núcleo urbano, siendo una condición adecuada para el Proyecto.

2.5.3.- Conclusiones Localización Punto 3

Finalmente, el punto de evaluación asociado a la planta de tratamiento primario de Coquimbo (Punto 3) se presenta con una carga ambiental de baja magnitud y de condiciones que aparentemente son óptimas

para el emplazamiento de este tipo de proyectos. De esta manera, la propuesta de ubicación se encuentra ubicado en la periferia del núcleo estrictamente urbano pero mantiene cercanía con las áreas de mayor demanda. Por otra parte, presenta cercanías a posibles centros de abastecimiento de energía, encontrándose a menos de 2 km de una sub estación eléctrica. En el contexto administrativo, el área propuesta se encuentra fuera de los alcances de la zonificación del Plan Regulador Comunal de la Región de Coquimbo, por lo que no presenta restricciones en este sentido. Finalmente, el área propuesta no se inserta sobre ningún área de protección oficial.

2.5.4.- Conclusiones

En consecuencia, y en base a los resultados recientemente expuestos y bajo los alcances de este análisis, se visualizan dos posibles localizaciones consideradas con nivel adecuado para la instalación del Proyecto Planta de Tratamiento Primario de Coquimbo, estas son Punto 1 y Punto 3, debido a que ambas presentan las mejores condiciones, desde el punto de vista de su entorno físico y ambiental para conjugar la viabilidad del Proyecto con una baja carga ambiental, condición que finalmente se traducirá en una tramitación ambiental expedita.

2.5.5.- Otras Alternativas de localizaciones

Respecto a otras posibles áreas aptas para la localización, de acuerdo al análisis se ha determinado en base a las características del área y a la escala de este Estudio, que no se aprecian zonas idóneas para la ubicación de las obras, puesto que gran parte del territorio presenta restricciones ambientales determinadas por los instrumentos de planificación, o bien, presenta áreas protegidas dado su valor ambiental. Por otra parte se observan también restricciones asociadas a la existencia de concesiones de tipo minero. Es por lo anterior que se sugiere como sitio indicado para la localización del Proyecto los ya analizados Punto 1 y Punto 3, los cuales presentan condiciones adecuadas para el desarrollo del mismo.

Anexo 7.1.- Caracterización Física

01PR14-2301-A01-Caracterizacion Fisica_rv00.pdf

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

Caracterización Física

Región de Coquimbo

UNIDADES: Kilometros	FECHA: JUNIO 2014
ESCALA: 1:120.000	PLANO Nº: AQAD001-01
VERSIÓN: 1.1	LAMINA: 1 de 1

Preparado por: POCH AMBIENTAL

Preparado para: Aqua Advise · Corporación Región Coquimbo

FUENTES DE INFORMACIÓN Y PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

Datos Geodésicos y Cartográficos:

- Elipsoide y Datum WGS 84.
- Proyección Universal Transversal de Mercator. (U.T.M.). Huso 18 Sur.

Base Cartográfica:

- Cartografía Regular, IGM Escala 1:50.000
- Levantamiento Topográfico Lidar con láser aerotrasportado.

INFORMACIÓN BASE

Red Vial
- Caminos principales Pavimentados
- Caminos secundarios ripiados o sin pav.
- Caminos de tierra senderos y huellas

Sistema Lacustre
- Quebradas y/o Esteros
- Río
- Lago, Laguna, Tranque

- Alternativas de Ubicación
- Área de Estudio
- Poblados
- Cascos urbanos
- Límite regional
- Límite comunal
- Canales

INFORMACIÓN TEMÁTICA

- Subestaciones Eléctricas
- LATS
- Fuentes de agua potable urbana
- Cobertura agua potable urbana
- Zona de riego

Concesiones Marinas
- Decretadas
- En trámite

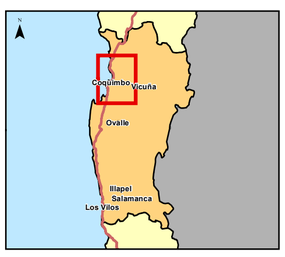
Demanda de agua por hectárea al año
- 0 - 4.500
- 4.500,01 - 12.000
- 12.000,1 - 25.000
- 25.000,1 - 35.000
- 35.000,1 - 45.000

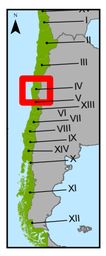
Concesiones Mineras
- Exploración
- Explotación Cód 1932
- Explotación Cód 1983
- Estacamentos Salitrales

1:120.000 o 1 cm = 1 km

0 2 4 8 12 Km

Ultima Modificación: 30-06-2014 17:47:23





Ruta de documento: D:\PROYECTOSIA 2014\AQUA ADVISE\AQUA ADVISE\MXD\AQAD0001_Caracterizacion_Fisica.mxd
Nombre de documento: AQAD0001_Caracterizacion_Fisica

Anexo 7.2.- Caracterización Administrativa

01PR14-2301-A02-Caracterizacion Administrativa_rv00.pdf

Localización punto 1

Localización punto 2

Localización punto 3

Áreas de aptitud preferente agrícola

Áreas de aptitud preferente agrícola

SIMBOLOGÍA PLAN REGULADOR COMUNAL

PRC La Serena

- ZEX-20-B : Mixto
- ZEX-22 : Equipamiento
- ZEX-22-A : Mixto
- ZC-12-1 : Equipamiento
- ZC-1B : Mixto
- ZC-3 : Mixto
- ZE-10-1 : Preservación
- ZE-10-2 : Protección
- ZE-9 : Protección
- ZEX-1 : Mixto
- ZEX-20 : Mixto
- ZEX-20-C : Mixto
- ZE-8 : Turístico
- ZE-5 : Preservación
- ZEX-14 : Mixto

PRC Coquimbo

- R-3 : Mixto
- RT-1 : Equipamiento

FUENTES DE INFORMACIÓN Y PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

Datos Geodésicos y Cartográficos:

- Elipsoide y Datum WGS 84.
- Proyección Universal Transversal de Mercator. (U.T.M.). Huso 18 Sur.

Base Cartográfica:

- Cartografía Regular, IGM Escala 1:50.000
- Levantamiento Topográfico Lidar con láser aerotrasportado.

INFORMACIÓN BASE

Red Vial
- Caminos principales Pavimentados
- Caminos secundarios ripiados o sin pav.
- Caminos de tierra senderos y huellas

Sistema Lacustre
- Quebradas y/o Esteros
- Río
- Lago, Laguna, Tranque

1:100.000 o 1 cm = 1 km

0 2 4 8 12 Km

Ultima Modificación: 30-06-2014 17:41:38

INFORMACIÓN TEMÁTICA

- Alternativas de Ubicación
- Poblados
- Límite comunal
- Límite regional

comuna
- Coquimbo
- La Serena

PRDU de Coquimbo
- Área de riesgo por tsunami
- Áreas de aptitud preferente agrícola
- Áreas de aptitud preferente pecuaria
- Áreas de biodiversidad y endemismo
- Áreas de humedales costeros
- Áreas de sensibilidad ecosistémica

Coquimbo, Vicuña, Ovalle, Illapel, Salamanca, Los Vilos

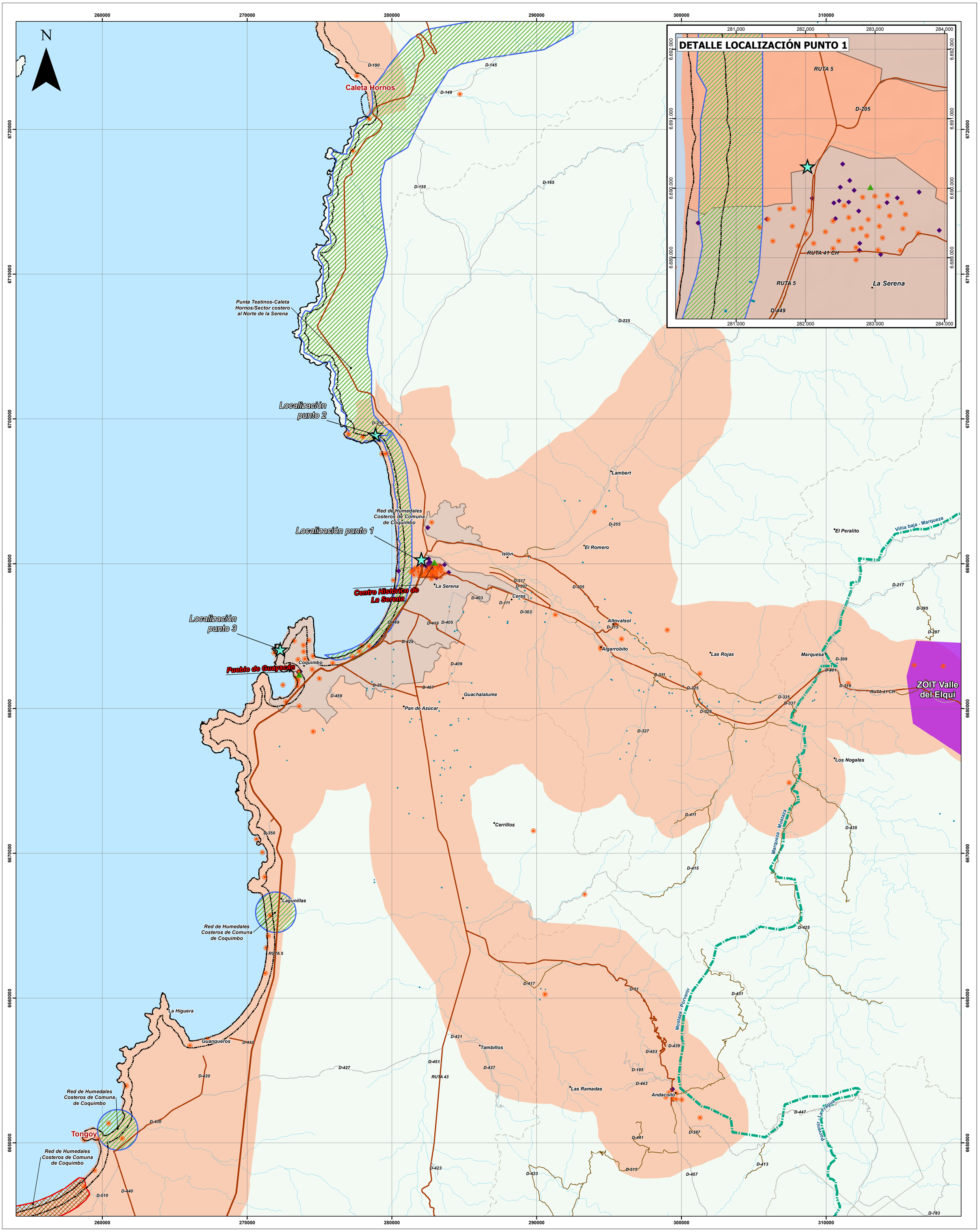
I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV

UNIDADES: Kilometros	**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS**
ESCALA: 1:100.000	Preparado por: POCH AMBIENTAL
VERSIÓN: 1.1	**Caracterización Administrativa** *Región de Coquimbo*
FECHA: JUNIO 2014	Preparado para: Aqua Advise, Corporación Región Coquimbo
PLANO Nº: AQAD001-01	
LAMINA: 1 de 1	

Ruta de documento: D:\PROYECTOSA 2014\AQUA ADVISE\AQUA ADVISE\MXD\AQAD0001_Caracterizacion administrativa.mxd
Nombre de documento: AQAD0001_Caracterizacion Administrativa

Anexo 7.3.- Áreas Protegidas

01PR14-2301-A03-Areas Protegidas_rv00.pdf



FUENTES DE INFORMACIÓN Y PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

Datos Geodésicos y Cartográficos:

- Elipsoide y Datum WGS 84.
- Proyección Universal Transversal de Mercator. (U.T.M.). Huso 18 Sur.

Base Cartográfica:

- Cartografía Regular, IGM Escala 1:50.000
- Levantamiento Topográfico Lidar con láser aerotrasportado.

INFORMACIÓN BASE

Red Vial
- Caminos principales Pavimentados
- Caminos secundarios ripiados o sin pav.
- Caminos de tierra senderos y huellas

Sistema Lacustre
- Quebradas y/o Esteros
- Río
- Lago, Laguna, Tranque

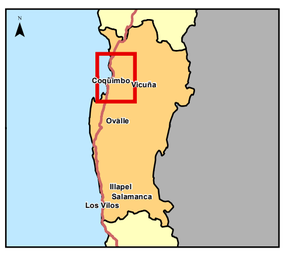
1:120.000 o 1 cm = 1 km

0 2 4 8 12 Km

Ultima Modificación: 30-06-2014 16:08:25

INFORMACIÓN TEMÁTICA

- Alternativas de Ubicación
- Área de Estudio
- Poblados
- Cascos urbanos
- Limite regional
- Limite comunal
- Zonas típicas pintorescas
- Atractivos turísticos
- Monumentos históricos
- Sendero de Chile
- Áreas de preservación ecológica
- Inventario de humedales 2012
- Sitios prioritarios para la conservación de la Biodiversidad
- Zonas de Interés Turístico
- Área Turística Prioritaria



UNIDADES: Kilometros	**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS**		FECHA: JUNIO 2014
ESCALA: 1:120.000	Preparado por: POCH AMBIENTAL	**Caracterización Áreas Nacionales Protegidas y Elementos Turísticos Relevantes** *Región de Coquimbo*	PLANO Nº: AQAD001-01
VERSIÓN: 1.1		Preparado para: Aqua Advise / CORPORACION Coquimbo	LAMINA: 1 de 1

Ruta de documento: D:\PROYECTOS\A 2014\AQUA ADVISE\AQUA ADVISE\MXD\AQAD0001_Áreas_protegidas.mxd
Nombre de documento: AQAD0001_Áreas_protegidas

8.- ANÁLISIS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN DE AGUA

01PR14-2003-Impulsion_rv01.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: ANÁLISIS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN DE AGUA

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2003-Impulsion_rv01.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	RSG	27-06-14	CBE	22-07-14		
01	RSG	28-07-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 3

2. DESALACIÓN 4

2.1.- PUNTO 1.- LA SERENA 5

2.1.1.- Datos de desnivel 5

2.1.2.- Tubería de distribución 6

2.1.3.- Capacidad de almacenamiento 7

2.2.- PUNTO 3.- COQUIMBO 8

2.2.1.- Datos de desnivel 8

2.2.2.- Tubería de distribución 9

2.2.3.- Capacidad de almacenamiento 10

2.3.- CONCLUSIONES 10

3. REUTILIZACIÓN 12

3.1.- PUNTO 1.- LA SERENA 12

3.1.1.- Zona de influencia 12

3.1.2.- Tubería de impulsión 13

3.2.- PUNTO 3.- COQUIMBO 15

3.2.1.- Zona de influencia 15

3.2.2.- Tubería de impulsión 15

3.3.- CONCLUSIONES 17

3.4.- ANTECEDENTES DE LA DISTRIBUCIÓN 19

3.4.1.- APR - Sistemas de Agua Potable Rural 19

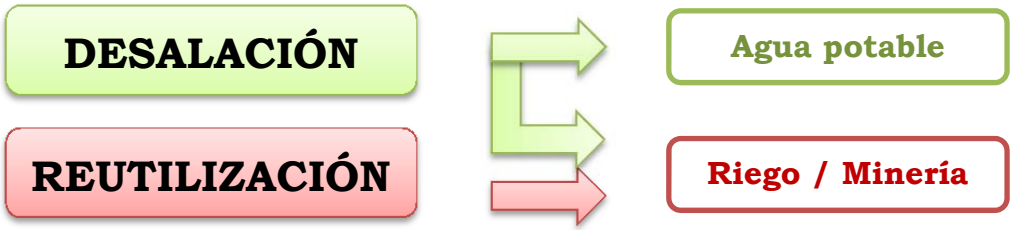
3.4.2.- APU – Sistemas de Agua Potable Urbanos 20

3.4.3.- Sistemas actuales de almacenamiento de agua potable urbana 21

1. INTRODUCCIÓN

En esta fase del estudio es complicado definir con exactitud el trazado de la tubería de distribución y el emplazamiento idóneo del destino final del agua, identificando la localización del tanque de almacenamiento que permita optimizar los parámetros técnicos y económicos asociados a la distribución.

El hecho de plantear un escenario que permita la definición de los costes asociados a esa solución implica la necesidad de clarificar la procedencia del agua y el uso asociado. En este sentido el agua procedente del proceso de **desalación** podrá destinarse a cualquier uso (agua sanitaria, riego, minería y uso industrial). En cambio, el **agua reutilizada** no se utiliza para uso sanitario pero sí para cubrir el resto de necesidades, según se indica en el documento *01PR14-2201-RU_Informe_rv01*, apartado 4.



Los escenarios que se exponen a continuación se centran exclusivamente en los puntos de estudio 1 y 3 coincidiendo con las ubicaciones de las Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo, respectivamente.

- **PUNTO DE ESTUDIO 1.-** Planta de Tratamiento Primario LA SERENA
- **PUNTO DE ESTUDIO 3.-** Planta de Tratamiento Primario COQUIMBO

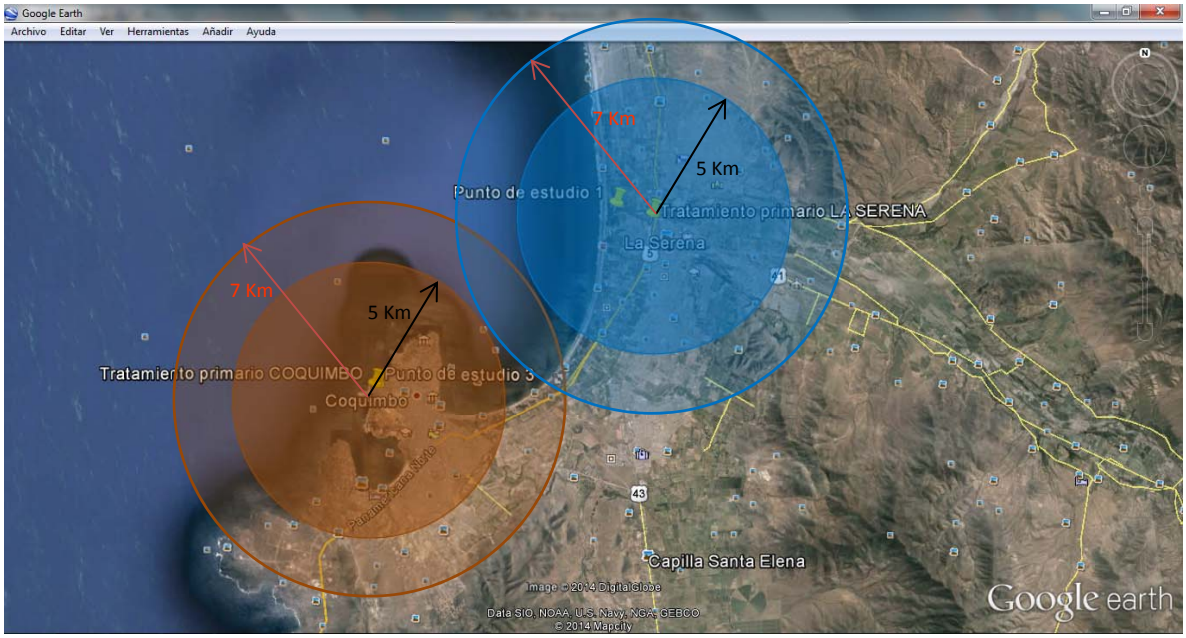
Color azul.- Tubería agua **DESALACIÓN** ***Color naranja.-*** Tubería agua **REUTILIZACIÓN**

Como ya se indicó en la presentación del Primer Informe, las ventajas de estas posibles ubicaciones respecto al punto de estudio 2, situado al norte de La Serena, son principalmente:

- **Reutilización.-** Ubicaciones coincidentes con las actuales Plantas de Tratamiento Primario.
- Una vez desarrollados los tratamientos de depuración y reutilización los actuales emisarios podrían utilizarse para el vertido de salmuera procedente de la Planta Desaladora. Como ya se ha indicado en numerosas ocasiones, **desalación y reutilización no son excluyentes entre sí**, son tecnologías complementarias y van unidas en el objetivo de aportar recursos hídricos al sistema para atender diferentes necesidades.
- **Desalación.-** Las ubicaciones correspondientes a los puntos 1 y 3 están próximas a las áreas de consumo (agua sanitaria), permitiendo optimizar los costes de distribución.

2. DESALACIÓN

Conforme al punto anterior, la hipótesis de distribución para el agua procedente de la planta desaladora se plantea para **uso sanitario**. De esta forma, tomando como base los emplazamientos seleccionados al lado de las actuales Plantas de Tratamiento Primario, se han indicado las áreas de influencia mediante círculos concéntricos de 5km y 7km de radio.

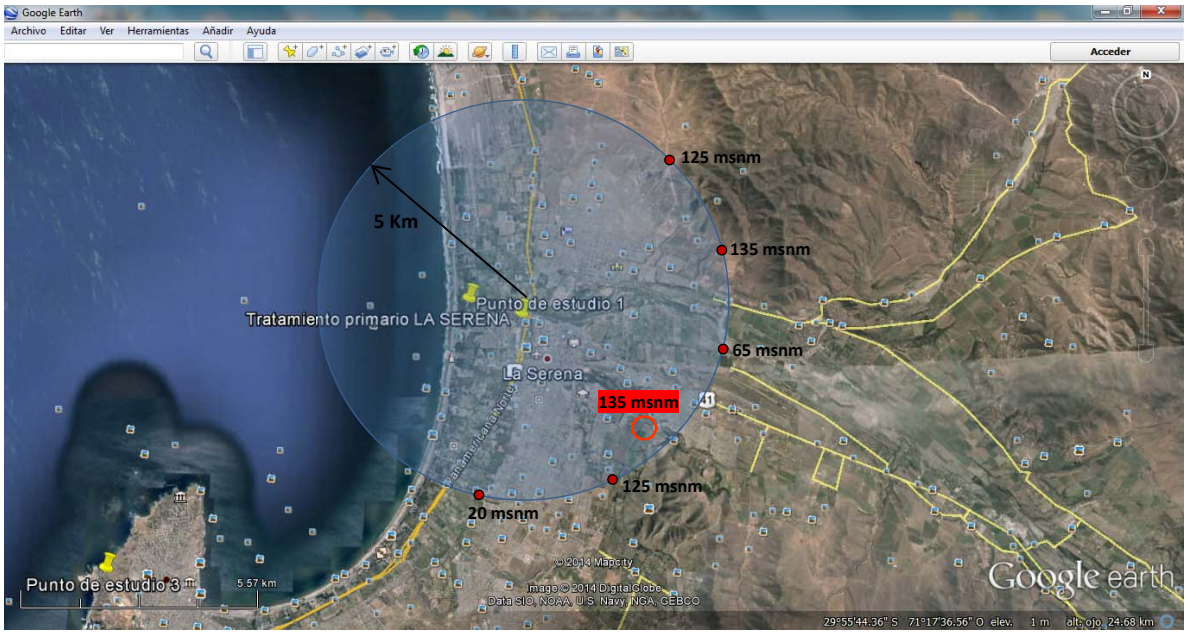


AREA seleccionada	R= 5km	R= 7km
Punto 1 LA SERENA	- Cubre la mayor parte de la zona urbanizada dentro de su área de influencia. - Se alcanza desnivel suficiente para atender una mayor área en zonas no alejadas de la costa.	- No aporta ninguna ventaja sobre la opción de 5km. - Mayor longitud de tubería y mayor desnivel.
Punto 3 COQUIMBO	- Al tratarse de una península el área cubierta no alcanza toda la zona poblada.	- Permite cubrir gran parte de la zona urbanizada.

2.1.- PUNTO 1.- LA SERENA

2.1.1.- Datos de desnivel

En la imagen inferior se han indicado los desniveles respecto a la línea de playa en la periferia del área cubierta por el círculo de 5km de radio. Como es lógico en la zona interior la cota más baja coincide con el cauce del río Elqui (65 msnm), incrementándose a uno y otro lado.



En color rojo se ha seleccionado un punto a cota suficiente (135 msnm) para realizar el abastecimiento por gravedad a toda el área sombreada. La localización seleccionada es una primera hipótesis para el cálculo de los costes de impulsión. El estudio en detalle de las posibles ubicaciones finales del sistema de impulsión deberá acordarse con la CRDP de Coquimbo en fases posteriores de desarrollo del proyecto.

La información incluida en el Informe de AQUA ADVISE no incluye el detalle de los puntos de abastecimiento de agua potable. En las fases posteriores del desarrollo del proyecto se concretará este apartado en colaboración con la empresa sanitaria Aguas del Valle.

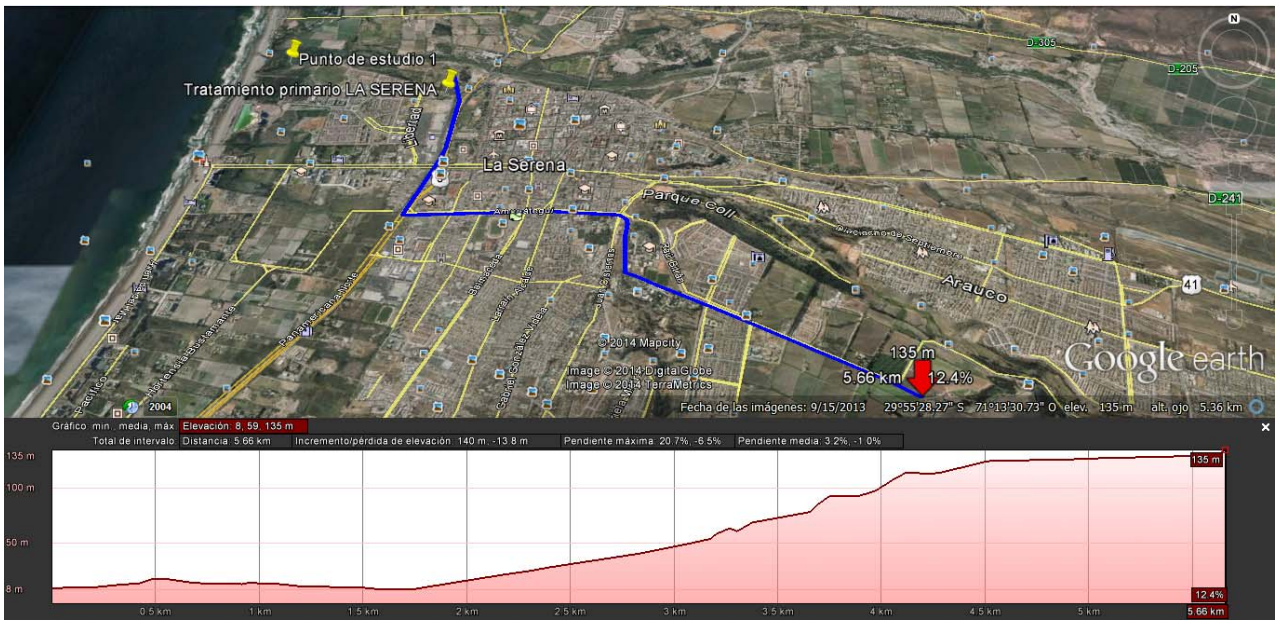
Tal y como se expone en el punto siguiente, para el diseño preliminar de la tubería de distribución será necesario considerar las siguientes variables:

- **Emplazamiento de la planta DESALADORA**
  - Distancia a la línea de playa ..... 1.600 m
  - Cota de la parcela ..... 9 msnm
- **Ubicación del DEPÓSITO de distribución**
  - Longitud de la conducción ..... 5.660 m
  - Cota de la parcela ..... 135 msnm

2.1.2.- Tubería de distribución

Después de haber fijado el emplazamiento de la Planta Desaladora y la ubicación del depósito de acumulación de agua producida, se define un trazado de la tubería para impulsar el agua potable.

En el plano que aparece más abajo se representa gráficamente la tubería de distribución con su correspondiente gráfico de desnivel.



A efectos de dimensionamiento previo se ha trabajado con el caudal de diseño de 500 L/s (1.800 m^3/h) con velocidades en torno a los 1,7 m/s utilizando tuberías en materiales plásticos, bien fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV – Φint=600mm) o polietileno de alta densidad (PEHD – Φext=710mm), obteniendo pérdidas de carga de 25 mca a lo largo de la conducción de 5.660 metros.

- Caudal ..... 500 L/s
- Altura geométrica ..... 126 mca (135,0 – 9,0)
- Pérdidas de carga ..... 25 mca

Potencia absorbida ..... 1.003 kWh

A efectos de coste de explotación se estima un precio de 0,15 USD por kW.

- Potencia absorbida ..... 1.003 kWh
- Caudal ..... 500 L/s (1.800 m^3/h)

Consumo específico ..... 0,56 kW/m^3

- Precio del kW ..... 0,15 USD/kW

Coste energético ..... 0,084 USD/m^3

2.1.3.- Capacidad de almacenamiento

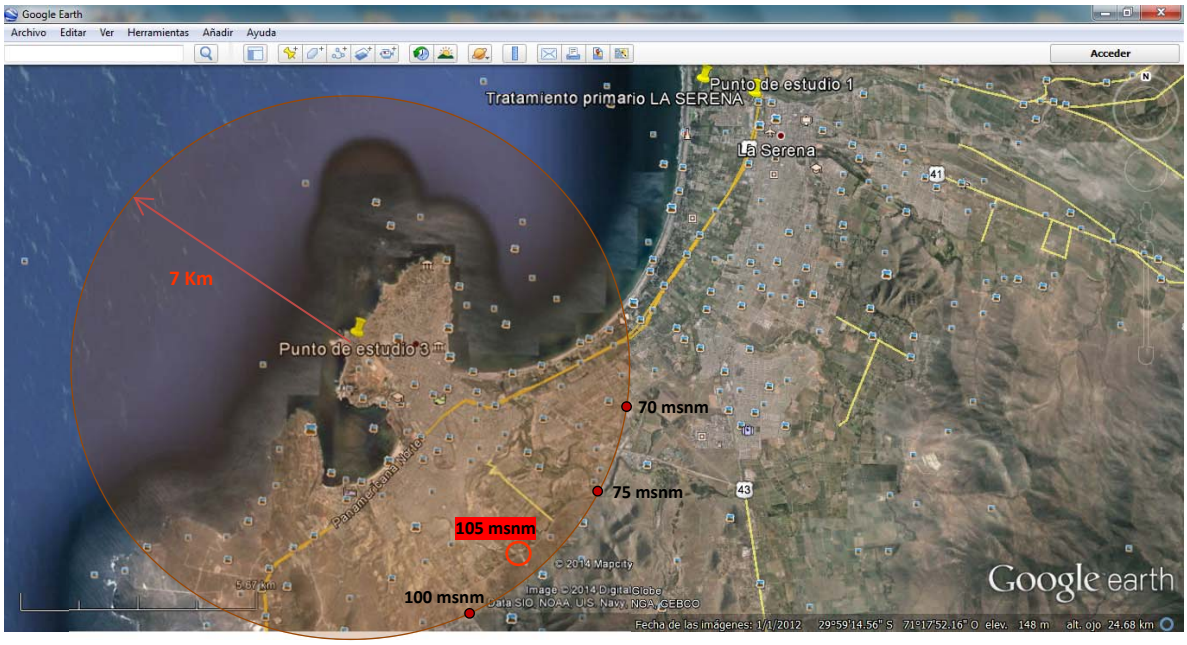
Además de los tanques de almacenamiento de la empresa sanitaria Aguas del Valle, S.A. situados en zonas próximas a lo largo del trazado de la tubería, se propone un depósito de almacenamiento de 50.000m^3 ubicado al final de la tubería de distribución que corresponde aproximadamente a la producción de un día de la Planta Desaladora permitiendo el abastecimiento por gravedad de toda la zona de influencia.

Por otra parte, también hay que considerar la cantidad de agua almacenada en el interior de la tubería (Φint≈600mm) a lo largo de todo su recorrido (L≈5.660m) que corresponde a un volumen de 1.500m^3 aproximadamente.

2.2.- PUNTO 3.- COQUIMBO

2.2.1.- Datos de desnivel

En la imagen inferior se han indicado los desniveles respecto a la línea de playa en la periferia del área cubierta por el círculo de 7km de radio.



En color rojo se ha seleccionado un punto a cota suficiente (105 msnm) para realizar el abastecimiento por gravedad a toda el área seleccionada. Es importante indicar que la localización seleccionada es una primera hipótesis para el cálculo de los costes de impulsión. El estudio en detalle de las posibles ubicaciones finales del sistema de impulsión deberá acordarse con la CRDP de Coquimbo en fases posteriores de desarrollo del proyecto.

Tal y como se expone en el punto siguiente, para el diseño preliminar de la tubería de distribución será necesario considerar las siguientes variables:

- **Emplazamiento de la planta DESALADORA**
  - Distancia a la línea de playa ..... 200 m
  - Cota de la parcela ..... 15 msnm
- **Ubicación del DEPÓSITO de distribución**
  - Longitud de la conducción ..... 7.160 m
  - Cota de la parcela ..... 105 msnm

2.2.2.- Tubería de distribución

Después de haber fijado el emplazamiento de la Planta Desaladora y la ubicación del depósito de acumulación de agua producida, se define un trazado de la tubería para impulsar el agua potable.

En el plano que aparece más abajo se representa gráficamente la tubería de distribución con su correspondiente gráfico de desnivel.

A efectos de dimensionamiento previo se ha trabajado con el caudal de diseño de 500 L/s (1.800 m^3/h) con velocidades en torno a los 1,7 m/s utilizando tuberías en materiales plásticos, bien fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV – Φint=600mm) o polietileno de alta densidad (PEHD – Φext=710mm), obteniendo pérdidas de carga de 30 mca a lo largo de la conducción de 7.160 metros.

- Caudal ..... 500 L/s
- Altura geométrica ..... 90 mca (105,0 – 15,0)
- Pérdidas de carga ..... 30 mca

Potencia absorbida ..... 797 kWh

A efectos de coste de explotación se estima un precio de 0,15 USD por kW.

- Potencia absorbida ..... 797 kWh
- Caudal ..... 500 L/s (1800 m^3/h)

Consumo específico ..... 0,44 kW/m^3

- Precio del kW ..... 0,15 USD/kW

Coste energético ..... 0,066 USD/m^3

2.2.3.- Capacidad de almacenamiento

Además de los tanques de almacenamiento de la empresa sanitaria Aguas del Valle, S.A. situados en zonas próximas a lo largo del trazado de la tubería, se propone un depósito de almacenamiento de 50.000m^3 ubicado al final de la tubería de distribución que corresponde aproximadamente a la producción de un día de la Planta Desaladora permitiendo el abastecimiento por gravedad de toda la zona de influencia.

Por otra parte, también hay que considerar la cantidad de agua almacenada en el interior de la tubería (Φint≈600mm) a lo largo de todo su recorrido (L≈7.160m) que corresponde a un volumen de 2.000m^3 aproximadamente.

2.3.- CONCLUSIONES

En la tabla siguiente se exponen los resultados obtenidos en los puntos 1 y 3, con las hipótesis de cálculo que se han indicado.

CAUDAL (500 l/s) 1800	m^3/h	Punto 1 LA SERENA	Punto 3 COQUIMBO
Distancia a línea de playa	m	1.600	200
Cota planta desaladora	msnm	9	15
Cota depósito acumulación	msnm	135	105
Altura geométrica+pérdidas	mca	151	120
Longitud de tubería	m	5.660	7.160
Potencia absorbida	kWh	1.003	797
Consumo específico	kW/m^3	0,56	0,44
Coste energético	USD/m^3	0,084	0,066

En principio, partiendo de la base de la utilización del agua desalada para el suministro de agua potable se llegarían a las siguientes conclusiones:

- La instalación de plantas desaladoras de 500 L/s de producción en los puntos seleccionados aportan **seguridad y flexibilidad** en el sistema de gestión de agua sanitaria.
- Dos plantas desaladoras más pequeñas, 500 L/s, frente a una instalación única, 1.000 L/s, permiten una mayor **cercanía a los puntos de consumo** con el consiguiente **ahorro en distribución**.
- El área marcada en el emplazamiento de La Serena establece una cota de impulsión de 135 msnm frente a los 105 msnm del punto seleccionado en la zona de Coquimbo, que se traduce en mayores costes energéticos.
- Por otra parte, la ubicación de Coquimbo implica una mayor longitud en la tubería de impulsión hasta alcanzar la cota final del depósito de acumulación, a causa de la situación en el extremo de la península.
- La hipótesis de cálculo elegida es **objeto de optimización** mediante el estudio de la infraestructura sanitaria actual que permitiese reducir la longitud y cota de la tubería de impulsión hasta su punto final.

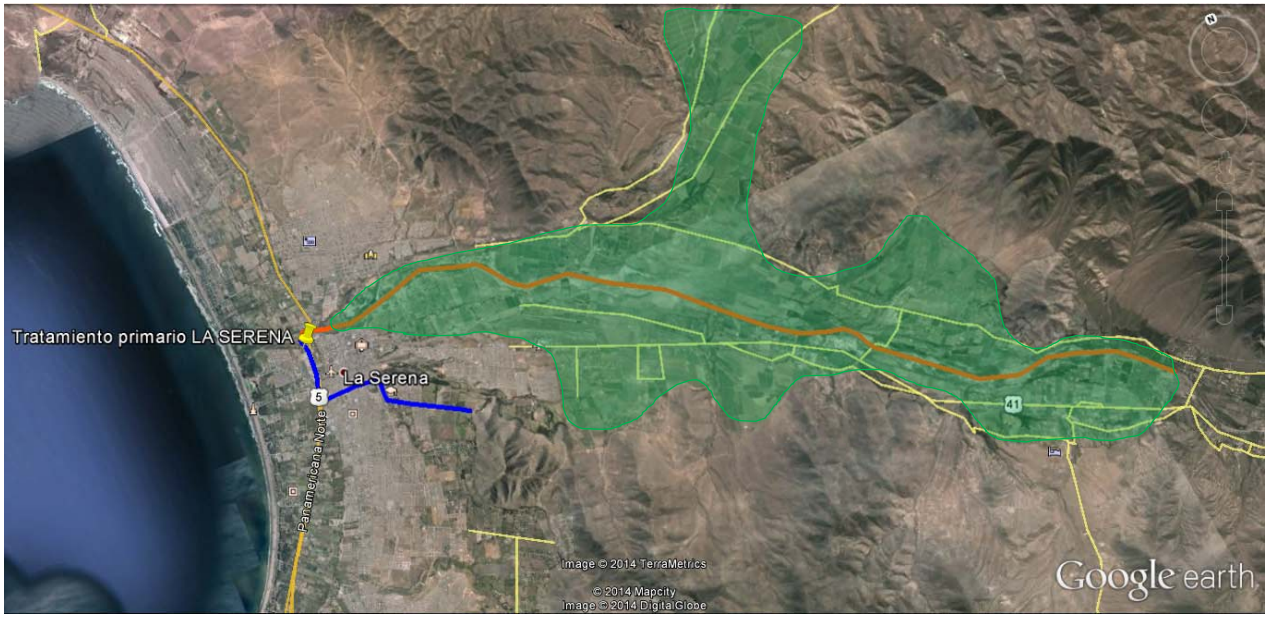
3. REUTILIZACIÓN

3.1.- PUNTO 1.- LA SERENA

3.1.1.- Zona de influencia

El desarrollo de la actividad agrícola se presenta principalmente en las áreas próximas a la cuenca del río Elqui (sombreado en color verde). Es importante indicar que el área seleccionada es una primera aproximación para el cálculo de los costes de impulsión del agua reutilizada, sin buscar, en ningún caso, una definición exacta de la zona afectada. Las zonas agrícolas sombreadas en el informe son las que aparecen en documentos generales y vistas aéreas. La definición exacta de las zonas de influencia agrícola se deberá revisar con las Entidades y Organismos competentes.

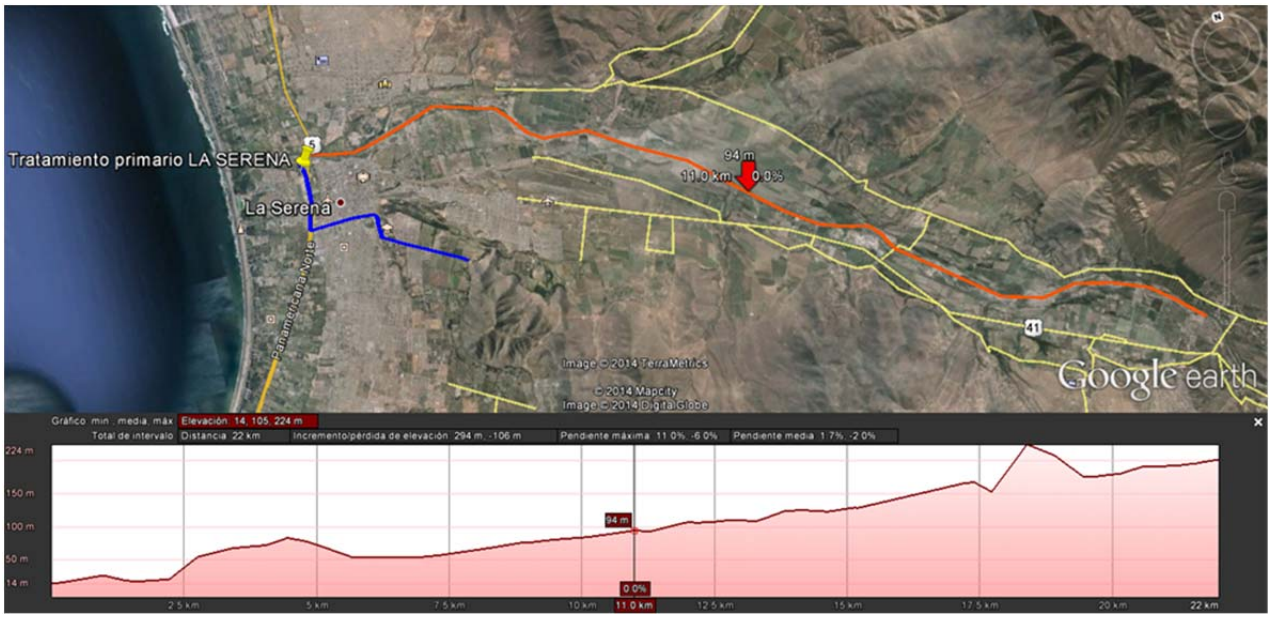
El trazado de la tubería de impulsión de agua reutilizada que se ha propuesto, permitiría aportar al sistema 500 l/s al cauce del río para su posterior uso. Este nuevo caudal aportaría seguridad y añade la posibilidad de reducir la sobreexplotación de acuíferos que podrían destinarse a cubrir otras necesidades.



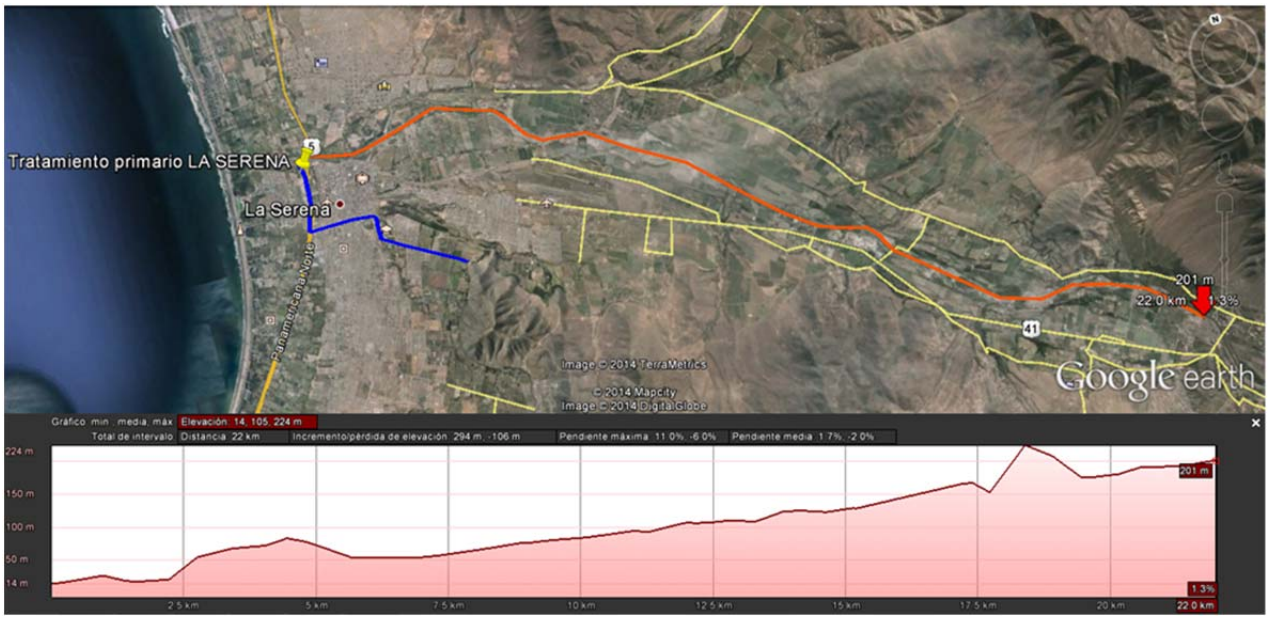
Como ya se hizo en los puntos anteriores para el agua procedente del proceso de desalación, se van a estimar los costes energéticos del bombeo del agua reutilizada para mostrar la influencia en el precio final del metro cúbico.

3.1.2.- Tubería de impulsión

A continuación se presentan dos imágenes con el trazado de la tubería de impulsión del agua reutilizada con una longitud total de 22 Km. Se han marcado dos puntos, el primero justo a la mitad del trazado y el segundo al final de la conducción. En función de las demandas de las zonas agrícolas se podría reducir la longitud de la conducción liberando caudales aguas arriba del cauce del río Elqui.



OPCIÓN 1.- Punto intermedio del trazado



OPCIÓN 2.- Punto final del trazado

➢ **Emplazamiento de la planta de REUTILIZACIÓN**

- Distancia a la línea de playa ..... 1.600 m
- Cota de la parcela ..... 9 msnm

➢ **Punto final de la tubería de impulsión**

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
• Longitud de la conducción	11.000 m	22.000 m
• Cota final	94 msnm	201 msnm

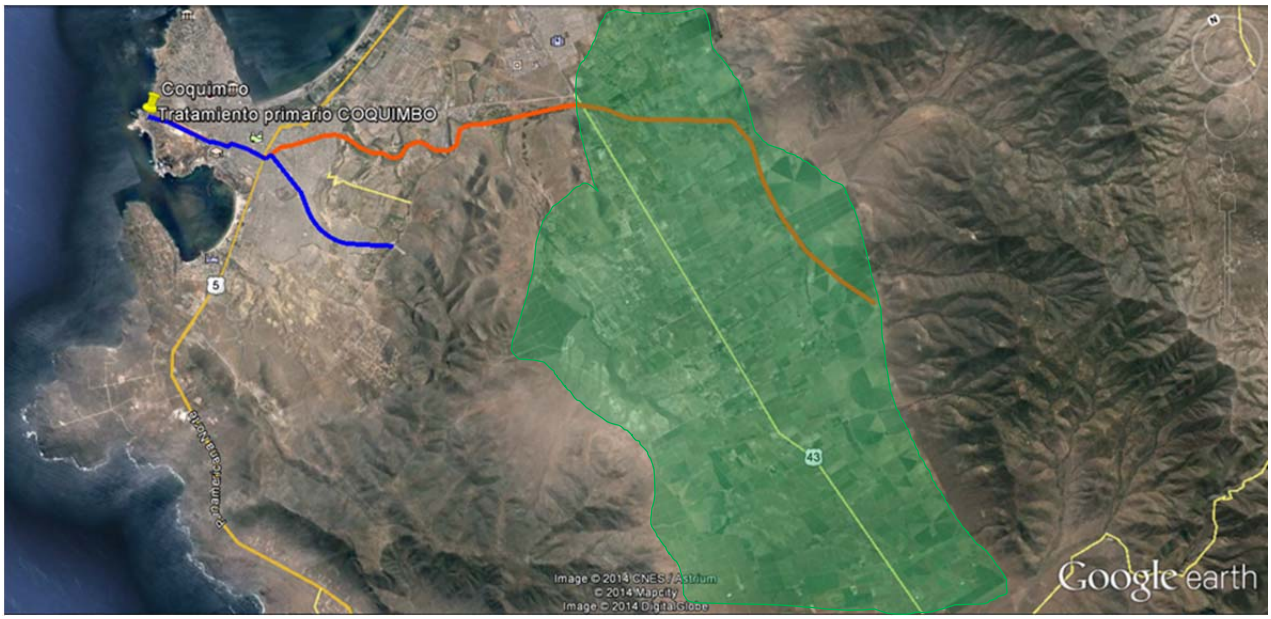
A efectos de dimensionamiento previo se ha trabajado con el caudal de diseño de 500 L/s (1.800 m^3/h) con velocidades en torno a los 1,7 m/s utilizando tuberías en materiales plásticos, bien fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV – Φint=600mm) o polietileno de alta densidad (PEHD – Φext=710mm).

		OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
• Altura geométrica	.....	85 mca	192 mca
• Longitud de tubería	.....	**11.000 m**	**22.000 m**
• Pérdidas de carga	.....	40 mca	75 mca
Potencia absorbida	.....	**830 kWh**	**1.773 kWh**
• Caudal	.....	500 L/s	500 L/s
• Precio del kW	.....	0,15 USD/kW	0,15 USD/kW
Consumo específico	.....	**0,46 kW/m^3**	**0,99 kW/m^3**
Coste energético	.....	**0,069 USD/m^3**	**0,148 USD/m^3**

3.2.- PUNTO 3.- COQUIMBO

3.2.1.- Zona de influencia

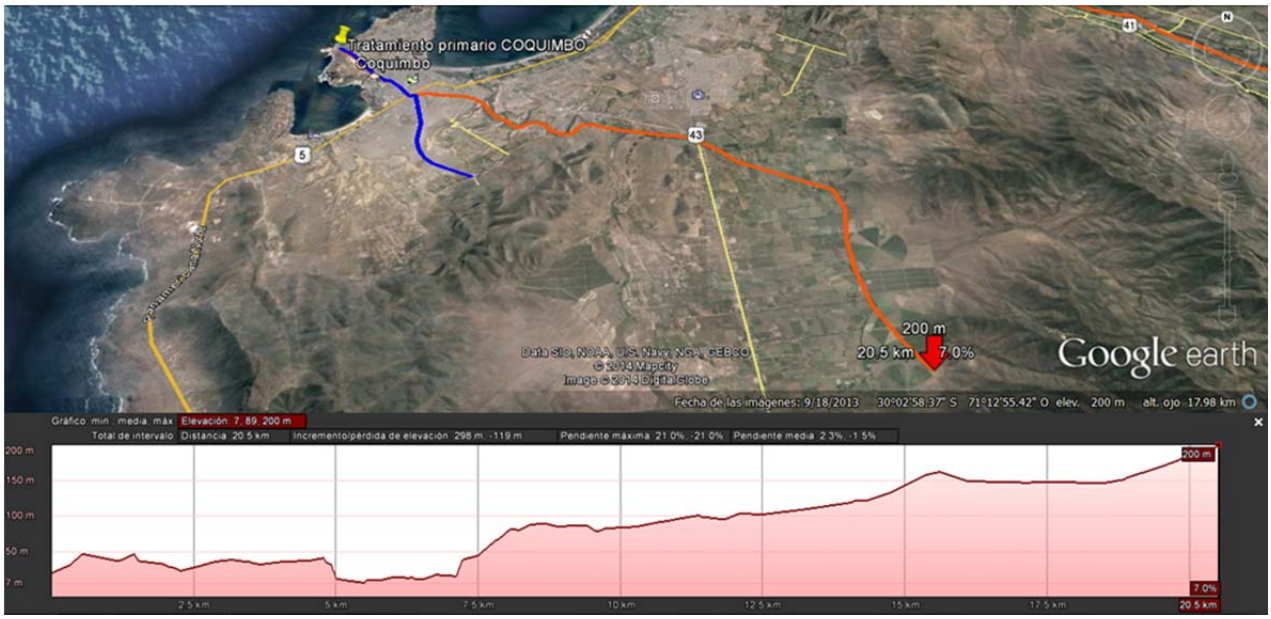
El desarrollo de la actividad agrícola se ha marcado con sombreado en color verde. El área seleccionada es una primera aproximación para el cálculo de los costes de impulsión del agua reutilizada, sin buscar, en ningún caso, una definición exacta de la zona afectada. Las zonas agrícolas sombreadas en el informe son las que aparecen en documentos generales y vistas aéreas. La definición exacta de las zonas de influencia agrícola se deberá revisar con las Entidades y Organismos competentes. El trazado de la tubería de impulsión de agua reutilizada que se ha propuesto, permitiría aportar al sistema 500 l/s. Este nuevo caudal aportaría seguridad y añade la posibilidad de reducir la sobreexplotación de acuíferos que podrían destinarse a cubrir otras necesidades.



Como ya se hizo en los puntos anteriores para el agua procedente del proceso de desalación, se van a estimar los costes energéticos del bombeo del agua reutilizada para mostrar la influencia en el precio final del metro cúbico.

3.2.2.- Tubería de impulsión

A continuación se presenta una imagen con el trazado de la tubería de impulsión del agua reutilizada con una longitud total de 20,5 Km y una cota final de 200 msnm. A diferencia del caso anterior donde el río Elqui permitía la regulación del caudal, en este caso, sería conveniente disponer de un embalse de acumulación permitiendo el riego por gravedad de los cultivos agrícolas.



- **Emplazamiento de la planta de REUTILIZACIÓN**
  - Distancia a la línea de playa ..... 200 m
  - Cota de la parcela ..... 15 msnm
- **Punto final de la tubería de impulsión**
  - Longitud de la conducción ..... 20.500 m
  - Cota final ..... 200 msnm

A efectos de dimensionamiento previo se ha trabajado con el caudal de diseño de 500 L/s (1.800 m^3/h) con velocidades en torno a los 1,7 m/s utilizando tuberías en materiales plásticos, bien fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV – Φint=600mm) o polietileno de alta densidad (PEHD – Φext=710mm).

- Altura geométrica ..... 185 mca
- Longitud de tubería ..... 20.500 m
- Pérdidas de carga ..... 70 mca

Potencia absorbida ..... 1.693 kWh

Consumo específico ..... 0,94 kW/m^3

Coste energético ..... 0,141 USD/m^3

3.3.- CONCLUSIONES

En la tabla siguiente se exponen los resultados obtenidos en los puntos 1 y 3, con las hipótesis de cálculo que se han indicado.

			Punto 1 LA SERENA		Punto 3 COQUIMBO
CAUDAL (500 l/s)	**1.800**	**m^3/h**	**OPCIÓN 1**	**OPCIÓN 2**	
Distancia a línea de playa		m	1.600	1.600	200
Cota planta de reutilización		msnm	9	9	15
Cota final de la conducción		msnm	94	201	200
Altura geométrica+pérdidas		mca	125	267	255
Longitud de tubería		m	11.000	22.000	20.500
Potencia absorbida		kWh	830	1.773	1.693
Consumo específico		kW/m^3	0,46	0,99	0,94
Coste energético		USD/m^3	0,069	0,148	0,141

En principio, partiendo de la base del uso del agua reutilizada para el riego de cultivos agrícolas, se llegarían a las siguientes conclusiones:

- La instalación de plantas de reutilización de 500 L/s de producción en los puntos seleccionados aportan **seguridad y flexibilidad** en el sistema de gestión de agua para uso agrícola.
- **Dos plantas de reutilización más pequeñas**, 500 L/s, frente a una instalación única, 1000 L/s, permiten:
  - Aprovechamiento de las **plantas de tratamiento primario existentes**.
  - Reutilización de los **emisarios existentes** para el vertido de salmuera procedente de las posibles plantas desaladoras.
  - Una mayor **cercanía a los puntos de consumo** con el consiguiente **ahorro en distribución**.
- Como se puede observar en el punto 1 de La Serena, se han planteado dos opciones con unos costes energéticos muy diferentes. Todo ello depende, lógicamente, de la longitud del trazado y la cota final de impulsión. La opción 1 es muy interesante si fuera posible utilizar el río Elqui como

canal de distribución para las zonas de riego ubicadas a menor cota, con la posibilidad de liberar caudales aguas arriba del río Elqui para abastecer los cultivos agrícolas de cotas superiores.

- El punto 3 en la ubicación de Coquimbo obliga a impulsar el agua reutilizada a una distancia y cota elevadas hasta llegar a las zonas altas de cultivo agrícola.
- La hipótesis de cálculo elegida es **objeto de optimización** mediante el estudio de la infraestructura de la red de distribución agrícola actual y permitiese reducir la longitud y cota de la tubería de impulsión hasta su punto final.

3.4.- ANTECEDENTES DE LA DISTRIBUCIÓN

Dentro de la información aportada por la Corporación al equipo técnico de Aqua Advise para su utilización como base técnica para la elaboración del Estudio, se suministró el *"Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos de la Región de Coquimbo*".

Según este informe, los sistemas de abastecimiento de agua potable se dividen en dos categorías:

- APR - Sistemas de Agua Potable Rural.
- APU - Sistemas de Agua Potable Urbano.

Sus características se resumen en los apartados siguientes.

3.4.1.- APR - Sistemas de Agua Potable Rural

La principal función de los sistemas APR es abastecer de agua potable a las distintas localidades rurales. Los sistemas comprenden las obras de captación, conducción, almacenamiento, desinfección y distribución, con sus respectivas conexiones domiciliarias y medidores.

Los sistemas APR poseen autonomía, y se rigen por los mismos comités y cooperativas, a los cuales se les otorga ayuda y capacitación en la primera fase del proyecto. El agua es cobrada por el comité y no por la empresa sanitaria de la región.

Las principales captaciones de agua presentes en los sistemas APR son: pozos, norias, captaciones superficiales y aducciones.

Las aducciones hacen referencia al *Artículo 52 bis Prestaciones en el ámbito rural*. Este artículo, permite en forma excepcional a las concesionarias de servicios públicos sanitarios suministrar prestaciones a las localidades rurales, permitiendo a éstas unirse a la red pública de agua potable, pero sin ser regidas por las prestaciones ni normativas de los servicios públicos sanitarios, y conservando su calidad de comité o cooperativa.

La desinfección del agua consta básicamente en la cloración a través de la inyección de hipoclorito actuando directamente en la cañería de impulsión, mediante un equipo eléctrico dosificador de cloro. Existen, en menor cantidad, localidades en las que se han implementado otros métodos para la obtención de agua potable como es el caso de Chungungo, Barraza Alto y Caleta de Hornos, localidades que poseen plantas de ósmosis inversa debido a la salinidad de las aguas. Esto indica que ya hay un precedente en la Región en el uso de plantas desaladoras de ósmosis inversa para obtener agua potable.

Posteriormente, el agua es conducida a estanques para su almacenamiento, que son de dos tipos, el primero y más común de hormigón armado semienterrados y el segundo tipo son estanques elevados de acero. Posterior a esto, el agua es distribuida a la población a través de la red.

La dotación en las localidades rurales se adopta entre **100 y 120 l/hab./día y de 150 l/hab/día** o más cuando la localidad tiene previsto la implementación de alcantarillado. El coeficiente de gasto máximo diario y horario se establece en 1,5. El volumen de regulación se calcula conforme a las Normas que establecen entre un 15 y 20 % del consumo máximo diario. Las presiones máximas y mínimas en la red son de 70 m.c.a. y 15 m.c.a., respectivamente.

3.4.2.- APU – Sistemas de Agua Potable Urbanos

El agua potable que es distribuida a las ciudades y localidades urbanas es responsabilidad de las concesionarias de la región de Coquimbo.

- Aguas del Valle S.A., Aguas La Serena S.A.
- Empresa de Servicios Totoralillo (ESSETO S.A.)
- Empresa de Servicios Sanitarios San Isidro ESSSI S.A.
- ECONSSA (que adquirió las concesiones de ESSAN).

El sistema de agua potable se basa en la captación e impulsión a los respectivos estanques de cada localidad. Existen diversos sistemas de captación tanto superficiales como subterráneos habilitados para la extracción de agua, con el fin de cumplir con la demanda de las distintas localidades. Los estanques de almacenamiento son por lo general de hormigón armado semienterrados, existiendo en pocas localidades urbanas estanques elevados de acero.

En el proceso de obtención de agua potable, ésta debe ser desinfectada. En la mayoría de los casos, esto sólo consiste en la aplicación de cloro y flúor, para cumplir con las concentraciones que aparecen en la norma Chilena 409 de calidad de aguas.

Las concesionarias son reguladas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), asegurando que los servicios sean de calidad y las tarifas sean coherentes al mercado.

Para el diseño y proyección de los sistemas se realiza un estudio completo de demanda, con proyecciones futuras de la población, estimación de coeficientes de consumo dependiendo de la localidad y en algunas localidades se basan en estudios de fijación de tarifas entregados por SISS.

3.4.3.- Sistemas actuales de almacenamiento de agua potable urbana

La tabla adjunta pertenece al "*Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos de la Región de Coquimbo"*, donde se indica la capacidad actual de los embalses para almacenamiento de agua potable urbana.

Tabla 7.8 Resumen de Sistemas de Agua Potable Urbana

Localidad	Concesionario	Oferta Fuente Actual 2011		Entrega
		Caudal Explotación L/s	Q derecho de agua L/s	Actual
El Palqui	ESSAN	39	48	2 Estanques V_T = 700 m^3
La Serena 7 sectores	ECONSSA S.A.	1839.5	2055,7	10 estanques V_T =17.100 m^3
Sistema Coquimbo, La serena (Ampliación)	ESSAN	1674.5	1988.7	25 estanques V_T =38750 m^3
Sistema Coquimbo, La serena (Algarrobito)	ESSAN	1724,5	2005,7	25 estanques V_T =38750 m^3
Combarbalá	ESSAN	25	55,32	3 estanques V_T =1050 m^3
Chañaral Alto	ESSAN	14.05	13.03	3 estanques V_T = 700 m^3
Canela Baja	ESSAN	20	9	1 estanque V_T = 300 m^3
Canela Alta	ESSAN	8.5	6	Estanque Canela Alto V_T = 200 m^3
Tongoy	ESSAN	350	404.76	2 estanques VT =1500 m^3
Guanaqueros	ESSAN			1 estanque V_T = 1500 m^3
Andacollo	ESSAN			1 estanque VT= 1000 m^3
El Peñon	ESSAN			1 estanque VT =200 m^3

El Estudio contempla tres alternativas de diseño:

- Una planta desaladora de 1.000 L/s, equivalente a 86.400 m^3/día.
- Dos plantas de tratamiento de agua de 500 L/s cada una, equivalente a 2 x 43.200 m^3/día.

Según la tabla anterior, la capacidad de los estanques de agua potable en el área de influencia de la Conurbación es de:

- La Serena 7 sectores. 10 estanques con capacidad total de 17.100 m^3.
- La Serena (ampliación). 25 estanques con capacidad total de 38.750 m^3.
- La Serena (Algarrobito). 25 estanques con capacidad total de 38.750 m^3.

La capacidad total de todos estos estanques es de **94.600 m^3**, es decir, tienen una capacidad de almacenar la producción de la planta desaladora durante algo más de **1 día**.

Por todo esto, será necesario aumentar la capacidad de almacenamiento actual de agua potable junto a la construcción de la planta desaladora para aumentar la autonomía y seguridad del sistema.

El sistema de almacenamiento de agua potable debe ser capaz de compatibilizar la operación de la planta desaladora con la operación del sistema de impulsión de agua, aportando flexibilidad al funcionamiento global de la instalación "generación y suministro de agua", que va desde la captación de agua de mar, hasta el suministro de agua potable para su consumo.

La capacidad de almacenamiento de agua potable debe ser tal que se asegure el suministro de agua potable en caso de una parada no programada de la planta desaladora. La reserva de agua potable se distribuye entre los tanques de almacenamiento a la salida de la planta desaladora y los tanques de la instalación de impulsión.

9.- INFORME CAPEX/OPEX. COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

01PR14-2005-CAPEX-OPEX_rv00.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: INFORME CAPEX/OPEX. COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2005-CAPEX-OPEX_rv00.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	MCM	01-07-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 4

2. CASOS DE ESTUDIO DESALACIÓN 5

3. CAPEX DESALACIÓN 6

3.1.- COMENTARIOS AL ESTUDIO CAPEX 6

3.2.- RATIO DE COSTES CAPEX 7

4. OPEX DESALACIÓN 8

4.1.- PARÁMETROS INICIALES 9

4.2.- COSTES FIJOS 9

4.2.1.- Personal 9

4.2.2.- Análisis de laboratorio 10

4.2.3.- Seguros 10

4.2.4.- Mantenimiento preventivo 10

4.2.5.- Plan de vigilancia ambiental 11

4.2.6.- Administración 11

4.2.7.- Alquiler de equipos, maquinaria y vehículos 11

4.2.8.- Resumen de costes fijos 12

4.3.- COSTES VARIABLES 13

4.3.1.- Productos químicos de las unidades de proceso 13

4.3.2.- Consumo de químicos de la limpieza química 13

4.3.3.- Reposiciones 14

4.3.4.- Retirada de residuos a vertedero 14

4.3.5.- Mantenimiento correctivo 14

4.3.6.- Resumen de costes variables sin término de energía 15

4.4.- COSTE DE ENERGÍA ASOCIADO 16

4.5.- RESUMEN OPEX – 1.000 L/S 18

4.6.- RESUMEN OPEX – 500 L/S 19

5. CAPEX/OPEX REUTILIZACIÓN 21

5.1.- CAPEX PLANTA DEPURADORA 21

5.2.- CAPEX PLANTA DE REUTILIZACIÓN 22

5.3.- OPEX PLANTA DE REUTILIZACIÓN 23

5.4.- ESQUEMA DE ACTUACIÓN 24

5.5.- PLAZOS DE EJECUCIÓN 24

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del *Estudio técnico – económico de la planta desaladora de la conurbación La Serena – Coquimbo*, AQUA ADVISE considera de vital importancia desarrollar una primera aproximación a los costes de construcción y de operación de la planta desaladora.

Los costes de la planta desaladora se dividen en los costes de construcción (CAPEX) y los costes por operación (OPEX). CAPEX - *Capital Expenditures* son las inversiones en bienes de capitales utilizados en adquirir un activo fijo, en este caso la planta desaladora. OPEX - *Operating Expense* es el costo debido a la operación de un equipo o una instalación.

La planta desaladora debe asegurar el suministro de agua potable a la población de la Serena – Coquimbo, sin incrementar el coste de suministro de agua y, por tanto, el precio actual $\$/m^3$ del agua consumida por la población de la conurbación.

El mayor coste de operación de una planta desaladora es el término de energía eléctrica. Debido a esto, una de las bases del diseño de la planta desaladora ha sido el ahorro energético mediante sistemas de recuperación de energía.

La planta desaladora de La Serena - Coquimbo debe ser capaz de proporcionar **una solución económica, fiable y responsable con el medio ambiente**, para satisfacer la demanda de agua de la población.

El objetivo de este documento es presentar un estudio preliminar de los costes CAPEX/OPEX de la planta desaladora según lo indicado en la Oferta Técnica de licitación, y servir de base técnica y económica para las fases posteriores de Estudio de Viabilidad y de Ingeniería Básica.

2. CASOS DE ESTUDIO DESALACIÓN

AQUA ADVISE considera dos casos diferentes de estudio.

- **Una planta desaladora de producción 1.000 L/s.**
  - Ubicación en el punto 1 de estudio (junto a la planta de tratamiento primario de La Serena) o en el punto 3 de estudio (junto a la planta de tratamiento primario de Coquimbo).
  - No es posible utilizar los emisarios existentes las plantas de tratamiento de La Serena o de Coquimbo, debido a que el caudal de vertido de salmuera es superior al caudal de diseño de los emisarios existentes.
  - Punto de abastecimiento de agua potable, situado en La Serena o en Coquimbo. Es necesario transportar el agua potable dentro de la conurbación.
- **Dos plantas desaladoras de 500 L/s.**
  - Una planta se ubicaría en el punto 1 de estudio (junto a la planta de tratamiento primario de La Serena) y la otra planta desaladora se ubicaría en el punto 3 de estudio (junto a la planta de tratamiento primario de Coquimbo).
  - Una vez que se construya la planta de reutilización de aguas servidas, sería posible utilizar los emisarios existentes las plantas de tratamiento de La Serena y de la planta de tratamiento primario de Coquimbo.
  - Punto de abastecimiento de agua potable. Cada planta abastecería de agua potable a la población cercana de La Serena y de Coquimbo.

Estos dos casos se desarrollan en profundidad en el documento *"Estudio de localización de la planta desaladora"*.

3. CAPEX DESALACIÓN

El estudio CAPEX de la planta desaladora incluye los ratios de inversión para cada uno de los dos casos indicados anteriormente. En el coste de la planta desaladora se incluye el coste de las instalaciones principales que integran el proceso de desalación:

a) Captación de agua de mar.
b) Pre-tratamiento físico y químico.
c) Proceso de ósmosis inversa.
d) Post-tratamiento.
e) Unidades auxiliares.
f) Tratamiento de efluentes.
g) Emisario de salmuera.
h) Obra civil.
    - Captación.
    - Edificio de bombeo de captación.
    - Planta desaladora
i) Instalaciones eléctricas internas (no incluye sub-estación ni línea de transmisión).
j) Instalaciones de instrumentación y control.

Queda excluido el bombeo de distribución, así como la construcción de las instalaciones y tuberías asociadas.

3.1.- COMENTARIOS AL ESTUDIO CAPEX

Los precios incluidos en el estudio CAPEX están basados en proyectos similares realizados por AQUA ADVISE e IASUR, y en su experiencia como consultores especializados en ingeniería, construcción y explotación de plantas desaladoras.

3.2.- RATIO DE COSTES CAPEX

En la tabla siguiente se muestra los rangos de CAPEX, para los casos de estudio de una planta desaladora de 1.000 L/s y una planta de 500 L/s de producción de agua potable.

	1.000 L/s	500 L/s
Max CAPEX	151.200.000 USD	86.400.000 USD
Min CAPEX	108.000.000 USD	64.800.000 USD
COSTE MEDIO CAPEX	129.600.000 USD	75.600.000 USD

Tabla 1. CAPEX Desalación.

Los precios anteriores no incluyen costes debidos a tasas, impuestos u otros costes locales.

La variación del coste CAPEX depende principalmente de los siguientes factores:

- Alcance de la obra marina.
- Tecnología de pretratamiento y postratamiento utilizadas.
- Diseño del sistema de ósmosis inversa (número de trenes, redundancias,..).
- Posibilidad de utilizar los emisarios existentes en las plantas de tratamiento primario de la Serena y de Coquimbo.
- Complejidad de ejecución de la obra civil asociada en función de la tipología de terreno, desmontes,..

4. OPEX DESALACIÓN

El coste de operación de la planta desaladora se divide en costes FIJOS y en costes VARIABLES.

Los **costes fijos**, no asociados a la operación de la planta, son principalmente:

- Personal de operación y mantenimiento.
- Análisis de agua, coste de certificados, laboratorios.
- Seguros asociados a la actividad de la planta desaladora.
- Mantenimiento de equipos mecánicos: repuestos de equipos, lubricación de equipos,…
- Mantenimiento de obra civil y sistemas de tuberías.
- Plan de vigilancia ambiental, plan de monitorización en la captación y en el emisario.
- Costes derivados de la administración y gestión: material de oficina, ordenadores, comunicaciones,…
- Consumo de energía de los servicios esenciales, como alumbrado, climatización,…
- Otros casos: herramientas de trabajo, alquiler de vehículos, seguridad de la planta,…

Los **costes variables** están relacionados a la producción de agua:

- Consumo de químicos y reactivos para la operación de cada una de las unidades de proceso.
- Consumo de químicos de la limpieza química de los bastidores de ósmosis inversa.
- Repuesto de cartuchos: filtros de seguridad o membranas de Ultrafiltración.
- Reposición de membranas de ósmosis.
- Retirada de residuos a vertedero.
- Mantenimiento correctivo de las instalaciones de la planta desaladora.
- Consumo de energía asociado al proceso de ósmosis.

Para el estudio de los costes de operación, se ha considerado un Factor de Operación de la planta (sobre la producción teórica anual) del **95%**, suponiendo que se producen paradas por mantenimiento, averías, cortes de suministro eléctrico,...

4.1.- PARÁMETROS INICIALES

Los parámetros base para el cálculo de los costes de operación de la planta desaladora se resumen en el cuadro siguiente.

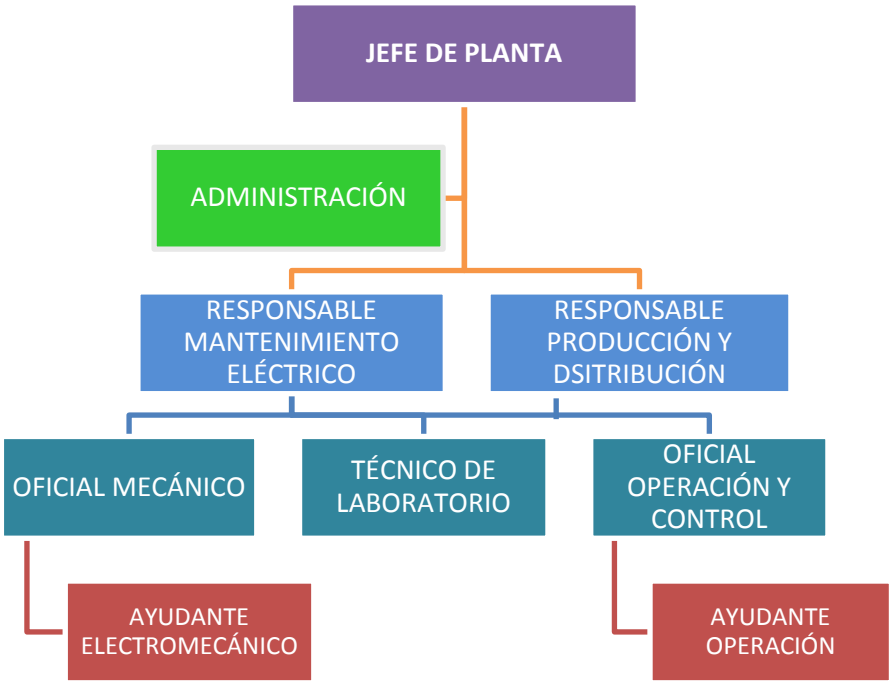
PARÁMETROS INICIALES			
Producción	1.000	500	L/s
Factor de utilización	95%	95%	%

Tabla 2. Parámetros iniciales de cálculo.

4.2.- COSTES FIJOS

4.2.1.- Personal

Los costes de personal se calculan a partir del organigrama de personal de planta y distribución presentado a continuación:



	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Personal	957.000	872.000

Tabla 3. Costes de personal.

4.2.2.- Análisis de laboratorio

La frecuencia y el tipo de análisis de laboratorio dependen de la normativa aplicable al proyecto. En cualquier caso se considera que no existen diferencias para ambas instalaciones. Se han estimado los valores que indica la tabla siguiente:

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Análisis de laboratorio	79.000	79.000

Tabla 4. Análisis de laboratorio.

4.2.3.- Seguros

Para estimar el coste de los seguros, se incluye el coste de:

- Seguros de Daños Materiales.
- Seguro de Responsabilidad Civil.
- Seguro de Responsabilidad Civil Medioambiental.
- Seguro de Responsabilidad Civil para Administradores y Directivos.
- Seguro de Accidentes según Convenio Colectivo.

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Seguros	184.000	129.000

Tabla 5. Seguros.

4.2.4.- Mantenimiento preventivo

Los costes fijos de mantenimiento de los equipos mecánicos son aquellos realizados de modo preventivo sobre los equipos que intervienen en el proceso de desalación con el objetivo de evitar averías. Los principales conceptos son revisiones de bombas de operación, de los sistemas de control, las instalaciones de media y baja tensión, revisión de sistemas auxiliares así como desinfección de depósitos.

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Total mantenimiento preventivo	592.000	415.000

Tabla 6. Mantenimiento preventivo.

4.2.5.- Plan de vigilancia ambiental

Se estima un coste para el plan de vigilancia ambiental basado en el coste de plantas desaladoras de características similares.

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Plan de vigilancia ambiental	405.000	338.000

Tabla 7. Plan de vigilancia ambiental.

4.2.6.- Administración

Los gastos de administración de la planta desaladora se han dividido en gastos por asesoría (laboral, fiscal y contable), equipamiento (material de oficina, informático, de laboratorio y de taller), comunicaciones (teléfonos, internet, fax y mensajería), equipamiento de personal (vestuarios, EPI's…) y gastos varios.

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Total administración	143.000	132.000

Tabla 8. Administración.

4.2.7.- Alquiler de equipos, maquinaria y vehículos

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Alquiler de equipos, maquinaria y vehículos	97.000	78.000

Tabla 9. Alquiler de equipos.

4.2.8.- Resumen de costes fijos

	1.000 L/s		500 L/s	
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**%**	**Total anual (USD/año)**	**%**
Personal	957.000	39%	872.000	43%
Análisis de laboratorio	79.000	3%	79.000	4%
Seguros	184.000	7%	129.000	6%
Mantenimiento	592.000	24%	415.000	20%
Plan de vigilancia ambiental	405.000	16%	338.000	17%
Administración	143.000	6%	132.000	7%
Varios	97.000	4%	78.000	4%
TOTAL COSTES FIJOS	**2.457.000 USD/año**		**2.043.000 USD/año**	
Ratio incertidumbre	± 10%		± 10%	
RATIO DE COSTES FIJOS	**2,21 – 2,70 MUSD/año**		**1,84 - 2,25 MUSD/año**	

Tabla 10. Resumen de costes fijos.

4.3.- COSTES VARIABLES

4.3.1.- Productos químicos de las unidades de proceso

Se considera el coste de los siguientes productos químicos debidos a la explotación de la planta desaladora durante las etapas de captación, pretratamiento, ósmosis inversa y postratamiento:

- Hipoclorito sódico en captación (dosificación de shock).
- Hipoclorito sódico en captación (dosificación en continuo).
- Cloruro férrico en coagulación.
- Polielectrolito en floculación.
- Antiincrustante en ósmosis inversa.
- Hidróxido sódico en ósmosis inversa.
- Bisulfito sódico.
- CO_2 en postratamiento.
- Dolomitas en postratamiento.
- Hipoclorito sódico agua producto.
- Hipoclorito sódico para desinfección del agua potable.

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Productos químicos en operación	2.252.000	1.126.000

Tabla 11. Productos químicos en operación.

4.3.2.- Consumo de químicos de la limpieza química

Para el mantenimiento de las membranas de ultrafiltración y las membranas de ósmosis inversa, es necesario realizar limpiezas químicas periódicas. El coste estimado de estas limpiezas químicas se resume en la tabla siguiente.

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Químicos para limpieza química	199.000	100.000

Tabla 12. Consumo de químicos de la limpieza química.

4.3.3.- Reposiciones

Los principales elementos a reponer en una instalación como la propuesta son:

- Membranas de ósmosis.
- Membranas de ultrafiltración.
- Cartuchos filtrantes.
- Otros medios filtrantes, como arena o antracita en el caso de filtros multimedia.

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Reposición de membranas	615.000	308.000

Tabla 13. Reposición de membranas y cartuchos.

4.3.4.- Retirada de residuos a vertedero

Se incluye en esta partida la retirada a vertedero de membranas y cartuchos después de su reposición, de los fangos de flotación, envases de plástico de productos químicos, etc…

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Coste anual de recogida de residuos	15.000	13.000

Tabla 14. Coste anual de recogida de residuos.

4.3.5.- Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo depende de la producción de la planta desaladora. Los costes del mantenimiento correctico de las plantas de 1.000 L/s y de 500 L/s se resumen en la tabla siguiente.

	1.000 L/s	500 L/s
Perfil	**Total anual (USD/año)**	**Total anual (USD/año)**
Coste anual mantenimiento correctivo	607.000	303.000

Tabla 15. Coste anual del mantenimiento correctivo.

4.3.6.- Resumen de costes variables sin término de energía

Una vez analizados cada uno de los costes variables asociados a la explotación de la planta desaladora, se puede apreciar que el coste más representativo es el debido a los productos químicos, con un porcentaje del 61% respecto del resto de costes variables. En la tabla no se ha incluido el coste del término de energía, que se estudia aparte dada su elevada importancia.

Se estima una incertidumbre del 10% para esta fase del Estudio de la planta desaladora.

Finalmente, la tabla indica el ratio del coste variable de explotación para una planta desaladora de 1.000 L/s y una planta de 500 L/s.

	1.000 L/s		500 L/s	
Perfil	**USD/año**	**%**	**USD/año**	**%**
Productos químicos en operación	2.252.000	61%	1.126.000	61%
Químicos limpieza de membranas	199.000	5%	100.000	5%
Reposición de membranas	615.000	17%	308.000	17%
Recogida de residuos a vertedero	15.000	0,5%	13.000	0,5%
Mantenimiento correctivo	607.000	17%	303.000	17%
TOTAL COSTES VARIABLES	**3.688.000 USD/año**		**1.850.000 USD/año**	
Ratio incertidumbre	± 10%		± 10%	
RATIO DE COSTES VARIABLES	**3,32 - 4,05 M USD/año**		**1,67 - 2,04 M USD/año**	

Tabla 16. Resumen de costes variables.

4.4.- COSTE DE ENERGÍA ASOCIADO

El mayor coste de explotación de una planta desaladora es el coste energético. El resto de costes variables y los costes fijos son mucho menores que el coste debido a la energía.

El valor que define el coste energético asociado a la explotación de la planta desaladora es el ratio de consumo kW/m^3. Para el estudio OPEX de la planta desaladora de La Serena – Coquimbo, se ha calculado un ratio de consumo kW/m^3 a partir del diseño de las instalaciones del *"Informe Técnico de Implantación de la Planta Desaladora",* documento "*01PR14-2101-DE_Informe_rv00"*. Este valor deberá ser revisado en las fases posteriores de ingeniería.

a) Estudio de Energía – Ratio Máximo

	Q	TDH	Eff Hid	Eff Mot	Potencia absorbida	Horas de operación diarias	Nº de unidades	Total consumo diario
	m^{3}h	mca	%	%	KW	horas	ud	kWh/día
Bomba de captación	2.136	20	78%	95%	169,0	24	4	16.227,7
Bomba de baja presión	2.093	51	78%	97%	413,7	24	4	39.717,0
Bomba de limpieza UF	1.306	30	76%	97%	155,9	6	2	1.870,6
Bomba limpieza CEB - UF	137	20	74%	95%	11,4	0,2	1	2,3
Bomba pre-booster	922	153	74%	95%	588,7	24	4	56.511,8
Bomba de alta presión	922	510	82%	95%	1.717,7	24	4	164.894,9
Bomba booster	1.098	41	74%	95%	186,8	24	4	17.934,6
Bomba recirculación DAF	270	61	74%	97%	69,6	24	4	6.681,2
Bomba CIP	620	41	78%	95%	100,1	0,27	2	54,1
Otros consumos								1.976,1
					TOTAL (kWh/día)			**305.870,3**
					Producción (L/s)			1.000
					RATIO (kW/m^3)			**3,60**

Tabla 17. Estudio de Energía – Ratio Máximo.

b) Estudio de Energía – Ratio Mínimo

	Q	TDH	Eff Hid	Eff Mot	Potencia absorbida	Horas de operación diarias	Nº de unidades	Total consumo diario
	m^3h	mca	%	%	KW	horas	ud	kWh/día
Bomba de captación	2.136	20	78%	95%	169,0	24	4	16.227,7
Bomba de baja presión	2.093	40	78%	97%	324,48	24	4	31.150,6
Bomba de limpieza filtros	864	15	76%	97%	52,6	14	1	736,2
Soplante limpieza filtros	1.512	7,1	62%	97%	52,73	9	1	474,5
Bomba pre-booster	922	60	80%	95%	213,54	24	4	20.499,4
Bomba de alta presión	922	510	82%	95%	1.717,7	24	4	164.894,9
Bomba booster	1.098	41	74%	95%	186,8	24	4	17.934,6
Bomba recirculación DAF	270	61	74%	97%	69,6	24	4	6.681,2
Bomba CIP	620	41	78%	95%	100,1	0,27	2	54,1
Otros consumos								1.776,1
					TOTAL	**(kWh/día)**		**260.429,3**
					Producción	(L/s)		1.000
					RATIO	**(kW/m^3)**		**3,01**

Tabla 18. Estudio de Energía – Ratio Mínimo.

Las principales variables que influyen en el ratio kW/m^3 son:

- Altura diferencial entre el edificio de captación y el edificio de proceso de ósmosis. Se han considerado 20 metros en concepto de altura geométrica y pérdidas de carga.
- El tipo de pretratamiento físico.
- Características del agua de mar de la captación.
- Exigencias de calidad del agua potable.

No se ha considerado el consumo energético debido al bombeo de agua a distribución. Se ha estimado un precio medio de energía de **0,15 USD/kW h**.

	1.000 L/s		500 L/s	
Consumo específico sin distribución	**3,00 – 3,60**	**kW/m^3**	**3,00 – 3,60**	**kW/m^3**
Caudal anual de producción	30	Hm^3/año	15	Hm^3/año
Coste estimado de energía	0,15	USD/ kW h	0,15	USD/ kW h
Coste anual energía	**13,50 - 16,20**	**M USD/año**	**6,75 – 8,10**	**M USD/año**

Tabla 19. Coste energético de operación.

4.5.- RESUMEN OPEX – 1.000 L/S

En la tabla adjunta se resumen los costes fijo y los costes variables estimados para la explotación y el mantenimiento de la planta desaladora de 1.000L/s de producción de producción de agua potable.

PLANTA DESALADORA 1.000 L/s					
Concepto	**Costes Fijos (USD/año)**	**Costes Variables (USD/año)**	**Coste Energía (USD/año)**	**OPEX (USD/año)**	**Ratio (USD/m^3)**
Hipótesis menor coste	2.210.000	3.320.000	13.500.000	19.030.000	0,634
Hipótesis mayor coste	2.700.000	4.050.000	16.200.000	22.950.000	0,765
COSTE MEDIO OPEX				**20.995.000**	**USD/año**

DESGLOSE OPEX PLANTA DESALADORA 1.000 L/s				
Producción anual		30,00		Hm^3/año
Concepto		**Coste anual (USD/año)**	**Coste específico (USD/m^3)**	**% Costes**
RESUMEN DE COSTES FIJOS				
Personal		957.000	0,0319	4,6%
Análisis en laboratorio		79.000	0,0026	0,4%
Seguros		184.000	0,0061	0,9%
Mantenimiento		592.000	0,0197	2,8%
Plan de vigilancia ambiental		405.000	0,0135	1,9%
Administración		143.000	0,0048	0,7%
Varios		97.000	0,0032	0,5%
TOTAL COSTES FIJOS		**2.457.000**	**0,0819**	**11,7%**
RESUMEN DE COSTES VARIABLES SIN TÉRMINO DE ENERGÍA				
Productos químicos operación		2.252.000	0,0751	10,73%
Productos químicos limpieza		199.000	0,0066	0,9%
Reposiciones		615.000	0,0205	2,9%
Recogida de residuos		15.000	0,0005	0,1%
Mantenimiento correctivo		607.000	0,0202	2,9%
TOTAL COSTES VARIABLES		**3.688.000**	**0,1229**	**17,6%**
COSTE MEDIO DEL TÉRMINO DE ENERGÍA				
Término de Energía		14.850.000	0,4950	70,7%
COSTE TOTAL		**20.995.000 USD**	**0,6998**	**USD/m^3**
Gastos generales	5%	1.049.750		
Utilidades	8%	1.679.600		
TOTAL OPEX ANUAL		**23.724.350 USD**	**0,7908**	**USD/m^3**

Tabla 20. OPEX - Desaladora 1.000 L/s.

4.6.- RESUMEN OPEX – 500 L/S

En la tabla adjunta se resumen los costes fijo y los costes variables estimados para la explotación y el mantenimiento de la planta desaladora de 500 L/s de producción de agua potable.

PLANTA DESALADORA 500 L/s					
Concepto	**Costes Fijos (USD/año)**	**Costes Variables (USD/año)**	**Coste Energía (USD/año)**	**OPEX (USD/año)**	**Ratio (USD/m³)**
Hipótesis menor coste	1.840.000	1.670.000	6.750.000	10.260.000	0,684
Hipótesis mayor coste	2.250.000	2.040.000	8.100.000	12.390.000	0,826
COSTE MEDIO OPEX				**11.318.000**	**USD/año**

DESGLOSE OPEX PLANTA DESALADORA 500 L/s				
Producción anual		15,00		Hm³/año
Concepto		**Coste anual (USD/año)**	**Coste específico (USD/m³)**	**% Costes**
RESUMEN DE COSTES FIJOS				
Personal		872.000	0,0581	7,7%
Análisis en laboratorio		79.000	0,0053	0,7%
Seguros		129.000	0,0086	1,1%
Mantenimiento		415.000	0,0277	3,7%
Plan de vigilancia ambiental		338.000	0,0225	3,0%
Administración		132.000	0,0088	1,2%
Varios		78.000	0,0052	0,7%
TOTAL COSTES FIJOS		**2.043.000**	**0,1362**	**18,1%**
RESUMEN DE COSTES VARIABLES SIN TÉRMINO DE ENERGÍA				
Productos químicos operación		1.126.000	0,0751	9,95%
Productos químicos limpieza		100.000	0,0067	0,9%
Reposiciones		308.000	0,0205	2,7%
Recogida de residuos		13.000	0,0009	0,1%
Mantenimiento correctivo		303.000	0,0202	2,7%
TOTAL COSTES VARIABLES		**1.850.000**	**0,1233**	**16,3%**
COSTE MEDIO DEL TÉRMINO DE ENERGÍA				
Término de Energía		7.425.000	0,4950	65,6%
COSTE TOTAL		**11.318.000 USD**	**0,7545**	**USD/m³**
Gastos generales	5%	565.900		
Utilidades	8%	905.440		
TOTAL OPEX ANUAL		**12.789.340 USD**	**0,8526**	**USD/m³**

Tabla 21. OPEX - Desaladora 500 L/s.

A los precios indicados, es necesario hacer las siguientes consideraciones:

- No se incluyen costes debidos a tasas, impuestos u otros costes locales.
- No se incluye la amortización de las instalaciones CAPEX.
- No se incluye la red de distribución y sus pérdidas.

5. CAPEX/OPEX REUTILIZACIÓN

5.1.- CAPEX PLANTA DEPURADORA

Las plantas de tratamiento primario de la Serena y de Coquimbo disponen de las siguientes instalaciones:

- Rejas gruesas automáticas, de paso 2,5 cm (2 unidades en paralelo).
- Desarenadores (2 unidades en paralelo).
- Clasificador de arenas.
- Dispositivo separador y triturador de flotantes (2 unidades en paralelo).
- Rejas finas automáticas de paso 6 mm (2 unidades en paralelo) y compactador de sólidos retenidos.
- Medidor de caudal ultrasónico (medición instantánea y totalizador).
- Generador Eléctrico de emergencia, destinado a alimentar la planta en caso de corte de energía.
- Tratamiento de olores: filtros de olores de carbón activado (2 unidades).

Aunque no forma parte del objeto de este Estudio, es necesario considerar que, dado que las ETAR existentes en Coquimbo y La Serena son plantas que cuentan únicamente con tratamientos primarios, sería necesario realizar unas obras de ampliación de estas instalaciones o bien construir unas nuevas plantas de tratamiento secundario para poder trabajar de modo adecuado en las instalaciones diseñadas de tratamiento terciario.

La instalación de una planta de tratamiento **secundario** de aguas residuales de 500 L/s, con la línea de fangos incluida, tendría una inversión aproximada de:

	Total CAPEX (USD)
Planta de tratamiento secundario 500 L/s	**29.000.000 USD**

Tabla 22. CAPEX Planta tratamiento secundario 500 L/s.

Los costes de operación de la planta de tratamiento secundario de 500 L/s tendrían un coste aproximado de 0,21 USD/m^3.

	OPEX (USD/m^3 sin impuestos)
Planta de tratamiento secundario 500 L/s	**0,21**

Tabla 23. OPEX Planta tratamiento secundario 500 L/s.

El consumo específico de energía *kW h/m³* se indica en la tabla siguiente, así como el coste específico *USD/m³*.

	Consumo Específico Energía (kW h/m³)	Coste Específico Energía (USD/m³)
Planta de tratamiento secundario 500 L/s	**0,400**	**0,06**

5.2.- CAPEX PLANTA DE REUTILIZACIÓN

A continuación se va a dar una estimación para las inversiones y costes de operación para las instalaciones descritas, incluyendo también el coste que supondría una única instalación de 1.000 L/s.

Las instalaciones descritas tienen los costes de inversión que indica la tabla siguiente. La planta de reutilización de 500 L/s no incluye la línea de fangos, pues ya se incluye en la planta de tratamiento secundario del apartado anterior. El CAPEX de la planta de 1.000 L/s sí incluiría la línea de tratamiento de fangos.

Descripción	CAPEX 1.000 L/s (USD)	CAPEX 500 L/s (USD)
Planta tipo 1 - Membranas	32.800.000	22.700.000
Planta tipo 2 - Convencional	16.900.000	10.800.000

Tabla 24. CAPEX - Planta de Reutilización.

La planta de reutilización **tipo 1** se caracterizaba por la necesidad de **ausencia de E. coli** en el agua tratada. La planta de reutilización **tipo 2** se caracterizaba por un uso del agua reutilizada que requiere valores máximos de **E.coli de ≤ 100UFC/100 ml.**

A continuación se muestran los porcentajes relativos aproximados de las distintas unidades de obra:

Porcentaje de Obra	Planta tipo 1	Planta tipo 2
Obras Civiles	**21%**	**60%**
Equipos Mecánicos	**67%**	**25%**
Electricidad y Control	**8%**	**5%**
Otros	**4%**	**10%**

Tabla 25. Unidades de obra.

Como es lógico en este tipo de instalaciones la obra civil tiene un componente muy importante, ya que prácticamente todos los elementos de proceso son construidos en obra civil (tanques, arquetas, decantadores), y esto se invierte en el caso de la planta de membranas, donde el coste de las mismas representa el mayor porcentaje de inversión.

Estas inversiones han sido estimadas en base a una instalación tipo de acuerdo a la descripción y prediseño realizados, pero lógicamente pueden tener desviaciones dependiendo de múltiples factores, tales como la naturaleza y perfil de los terrenos de ubicación, la implantación, etc.

5.3.- OPEX PLANTA DE REUTILIZACIÓN

Respecto a los costes de operación y mantenimiento de las instalaciones, se describen en la siguiente tabla:

	OPEX (USD/m^3 tratado, sin impuestos)
Planta 500-1000 L/s tipo 1 (membranas)	**0.18**
Planta 500-1000 L/s tipo 2 (convencional)	**0.11**

Tabla 26. OPEX Planta de Reutilización.

En este caso, el consumo energético es un componente importante. En la siguiente tabla se indica el consumo específico de energía *kW h/m^3* y el coste específico *USD/m^3*, para los dos tipos de instalación:

	Consumo Específico Energía (kW h/m^3)	Coste Específico Energía (USD/m^3)
Planta 500-1000 L/s tipo 1 (membranas)	**0,100**	**0,015**
Planta 500-1000 L/s tipo 2 (convencional)	**0,095**	**0,014**

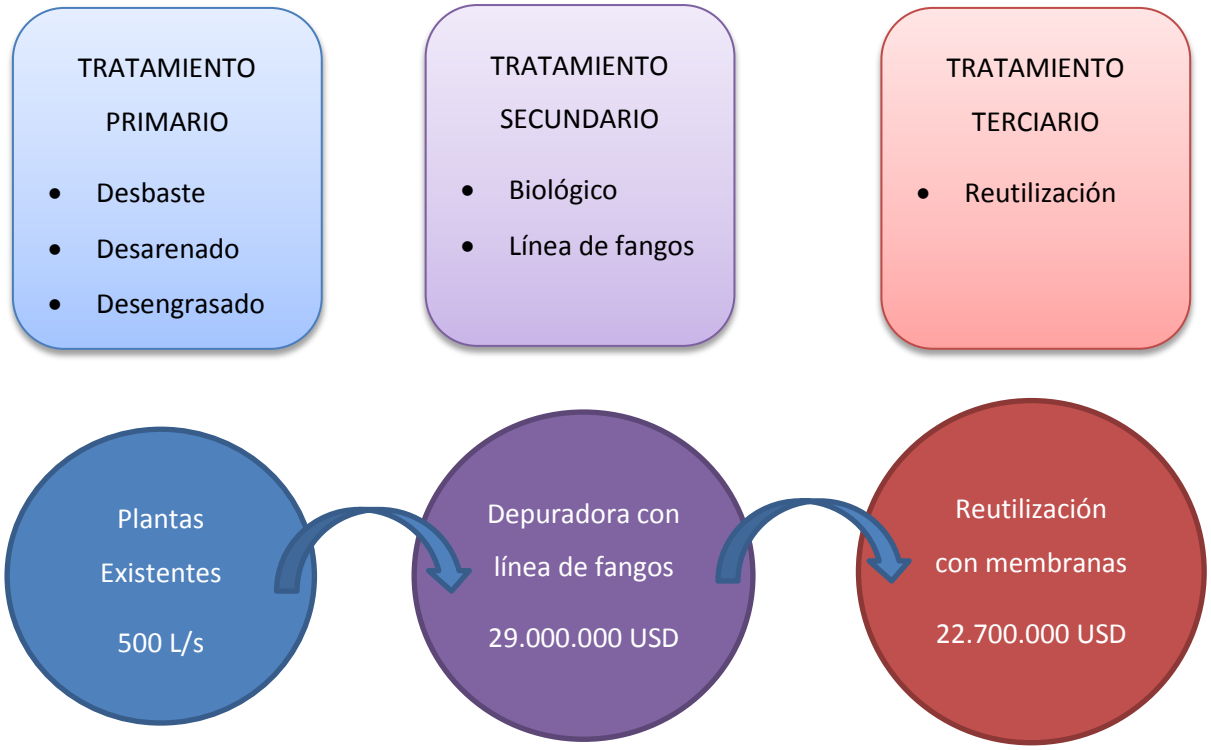
Tabla 27. Consumo específico energía planta de Reutilización.

Este es un consumo medio para estos tipos de instalación, que puede depender de la inclusión o no de bombeos intermedios, etc, dependiendo de las características del diseño final.

5.4.- ESQUEMA DE ACTUACIÓN

Considerando que las ETAR existentes en Coquimbo y La Serena son plantas que cuentan únicamente con tratamientos primarios, sería necesaria la construcción de una planta de tratamiento secundario con línea de fangos, y posteriormente una planta de reutilización (sin línea de fangos en este caso).

El esquema de actuación se resume en el diagrama de bloques siguiente:



5.5.- PLAZOS DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución de este tipo de obras suelen estar entre 4-6 meses para la redacción del proyecto de construcción e ingeniería de detalle y entre 18-24 meses para la construcción de las obras.

10.- ESTUDIO DEL MODELO DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

01PR14-2006-Modelo Finan_rv00.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: ESTUDIO DEL MODELO DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2006-Modelo Finan_rv00.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	MCM	01-07-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 3

2. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y ESTRUCTURA DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO 5

2.1.- MODELO DE COMPRA TRADICIONAL 5

2.2.- MODELO DB (DESIGN BUILD) O EPC (ENGINEERING, PROCUREMENT, CONSTRUCTION) 5

2.3.- MODELO DBO (DESIGN + BUILD + OPERATE) 6

2.4.- MODELO BOT (BUILD, OPERATE, TRANSFER) 7

2.5.- MODELO BOO (BUILD, OPERATE, OWN) 8

2.6.- COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES MODELOS DE CONTRATACIÓN 10

3. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD FINANCIERA 11

4. ANALISIS BOT 15

5. ANÁLISIS DBO 19

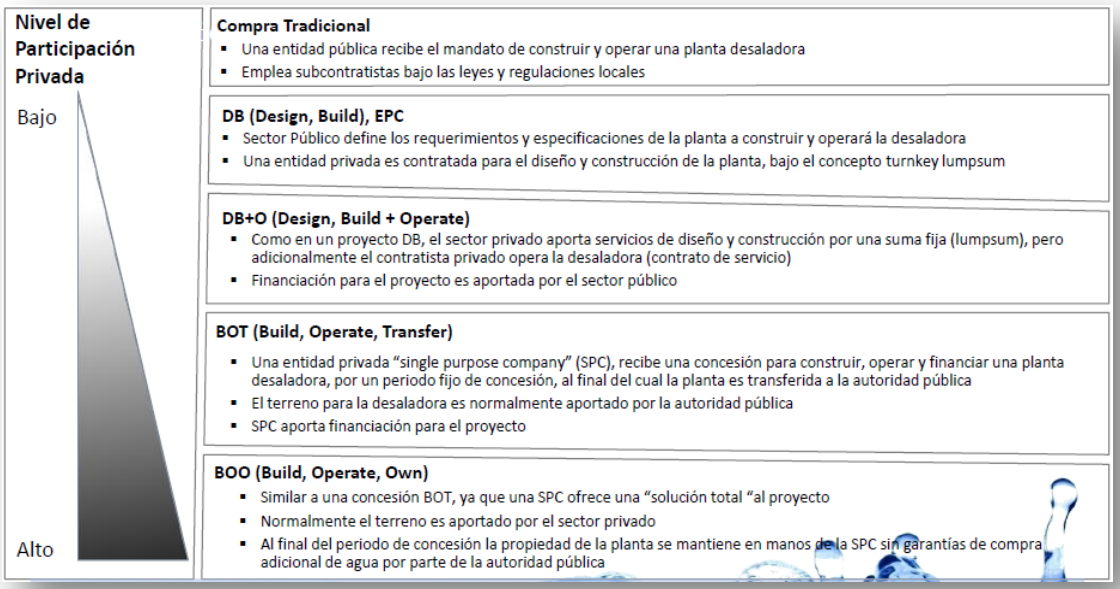
6. COMPARACIÓN BOT VS DBOM 21

7. MODELOS FINANCIEROS 24

1. INTRODUCCIÓN

La conveniencia de uno u otro método de contratación dependerá del análisis de una serie de factores como son la capacidad financiera de la Municipalidad/Región/Gobierno, el marco legal local, el deseo de asumir riesgo de proyecto, así como de los objetivos a largo plazo de las autoridades.

Así, en función del nivel de implicación y participación (y por lo tanto de asunción de riesgos) del sector Privado, encontraremos los siguientes Modelos de Contratación:



El equipo de Aqua Advise analizará y presentará los distintos métodos habituales de contratación de proyectos de desalación y tratamiento de aguas de esta envergadura, estudiando las ventajas e inconvenientes de cada uno, y aportando ejemplos reales en distintas partes del mundo. Dichos modelos alternativos se compararán y se realizarán recomendaciones.

Estudio de Prefactibilidad Financiera

Asimismo, Aqua Advise realizará un examen de la viabilidad financiera para la construcción de una planta de desalación por ósmosis inversa, para atender las necesidades de agua dulce de la región y aportará ideas creativas para la posible financiación del proyecto.

Las implicaciones financieras del proyecto serán examinadas independientemente bajo los dos principales métodos de contratación, el modelo BOT (construir, operar, transferir) y un modelo DBO-M (diseño,

construcción, operación, mantenimiento), y se extrapolará a cualquier otro modelo que se considere necesario y/o haga viable el proyecto.

Modelos Financieros y Análisis de Sensibilidad

Finalmente, se realizarán modelos financieros que estudien y analicen los precios por metro cúbico de agua producidos bajo las distintas variantes técnicas estudiadas, y se estudiará la sensibilidad del precio del agua a cambios en los principales parámetros del proyecto.

2. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y ESTRUCTURA DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

2.1.- MODELO DE COMPRA TRADICIONAL

Según este modelo una Entidad Pública recibe el encargo de construir y operar una Planta Desaladora, y para llevarlo a cabo empleará subcontratistas especializados bajo las leyes y regulaciones locales. De esta manera es la Entidad Pública quien está asumiendo la completa responsabilidad de todos los aspectos del Proyecto, es decir, el riesgo del Proyecto está totalmente asumido por el Sector Público. Este modelo sólo será viable si la Entidad Pública cuenta con una cierta magnitud y capacidad de control y gestión de subcontratistas, además de una experiencia previa en la construcción y gestión de grandes proyectos de infraestructuras.

- **Ventajas**: Permite al sector público desarrollar conocimientos y experiencia en proyectos de desalación. Los costos financieros son usualmente (pero no siempre) más bajos que aquellos obtenidos en una solución de financiación privada.
- **Inconvenientes**: Los proyectos deben ser financiados íntegramente por el sector público. En cuanto a la experiencia, las compañías del sector público tienen menos experiencia y son típicamente menos eficientes en la operación de estas plantas, mientras que no se aprovecha al máximo la experiencia y conocimientos del sector privado. Además, la contratación de varios subcontratistas expone al sector público a riesgos de integración muy significativos.

- **Ejemplos:** Long Beach, CA, Estados Unidos (2003); Rongcheng, China (2004)
- **Conclusión:** Los modelos tradicionales de contratación no aprovechan al máximo la experiencia que tiene el sector privado y expone al sector público a una parte significativa del riesgo del proyecto

2.2.- MODELO DB (DESIGN BUILD) O EPC (ENGINEERING, PROCUREMENT, CONSTRUCTION)

En este caso la Entidad Pública será la encargada de definir los requerimientos y especificaciones de la planta a construir, así como de operar y mantener la planta una vez construida. Sin embargo será una entidad privada la encargada de diseñar y construir esta planta bajo el concepto de 'Turnkey Lumpsum' (suma fija) de acuerdo a los requerimientos exigidos por la Entidad Pública.

De este modo la Entidad Pública deberá detallar los requerimientos del proyecto mientras que las entidades privadas ofertarán soluciones técnicas dentro de estos parámetros. Todo el riesgo de la construcción quedará transferido a la entidad privada, quien recibirá el pago de la construcción de la entidad Pública según unos pagos progresivos (milestones) y finales (dependientes de la aprobación de ciertos 'aceptance tests') previamente acordados.

- **Ventajas**: Permite la participación de la entidad privada aportando su experiencia en el diseño y construcción de proyectos semejantes, estando el coste del Proyecto optimizado según un proceso de licitación competitivo. El sector privado garantiza la producción de la planta por un periodo limitado después de la finalización de la planta (periodo de prueba)
- **Inconvenientes**: El proyecto sigue siendo íntegramente financiado por el Sector Público, manteniendo además el riesgo de operación de la planta a largo plazo, así como el de demanda. El contratista no está incentivado para optimizar el coste total del ciclo de vida de la planta ('life cycle cost'), si no a ofertar la solución más económica.

- **Ejemplos**: El Paso, Estados Unidos (2007); Yuhuan, China (2006)
- **Conclusión**: Las soluciones DB utilizan la experiencia y know-how del sector privado, pero requieren que los proyectos sean financiados completamente por el sector público una vez que el proyecto esté finalizado

2.3.- MODELO DBO (DESIGN + BUILD + OPERATE)

Se trata de una variante del contrato DB puro, en el cuál el contratista además se responsabiliza de la operación de la planta bajo un contrato de servicios. De nuevo, la financiación íntegra del Proyecto proviene del Sector Público.

Efectivamente la entidad privada, además del diseño y construcción propios del contrato DB puro, debe ofertar una solución de operación a largo plazo. Sin embargo esta oferta será en base a la capacidad de producción total de la planta, por lo que los riesgos asociados a la variación de la demanda seguirán siendo responsabilidad del Sector Público; la Entidad Privada, según el diseño del contrato, podrá asumir ciertos riesgos de costos de producción, pero sólo proporcionando garantías limitadas. La fase de diseño y construcción de la planta queda pagada a la finalización de la construcción en base a un monto fijo o "lumpsum", al igual que en el contrato DB.

- **Ventajas**: Las ventajas serán las mismas del DB (experiencia de la entidad privada, coste del Proyecto optimizado, periodo de prueba) y además se incrementan los incentivos para optimizar el ciclo de vida de la planta y se transfiere parte del riesgo de producción a la entidad privada, que además cuenta con una mayor experiencia en estos servicios.
- **Inconvenientes**: Adicionalmente a los inconvenientes del DB (Financiación Pública, riesgos de operación y demanda a largo plazo, contratista no incentivado a optimizar el 'life cycle cost' de la planta) se suman los riesgos en el precio adicionales al tener que ofrecer el contratista las actividades de operación a largo plazo durante el proceso de oferta.

- **Ejemplos**: Adelaide, Australia (2012); Málaga, España (2011)
- **Conclusión**: En un proyecto DB+O el sector privado ofrece su experiencia para todas las fases del proyecto, sin tomar el riesgo de demanda o riesgos significativos de operación

2.4.- MODELO BOT (BUILD, OPERATE, TRANSFER)

Con este modelo una entidad Privada 'Single Purpose Company' (SPC) recibe de la Entidad Pública una concesión para construir, operar y financiar el Proyecto, por un periodo fijo de concesión, al término del cual la planta es trasferida a la Entidad Pública. En este caso será la SPC la encargada de financiar el proyecto. Generalmente el terreno requerido para desarrollar el proyecto será aportado por la Entidad Pública.

De esta manera el sector privado se encarga de todos los aspectos del proyecto, incluyendo la financiación a largo plazo, la cual además puede ser facilitada por el sector público ofreciendo créditos de construcción o subvención de capital durante el periodo de construcción del proyecto. Los diferentes mecanismos contractuales definirán el nivel de riesgo compartido. Los pagos al sector privado pueden ser basados en un pago por capacidad (en función de la disponibilidad de la planta) más pago por cantidad (en función de la cantidad de agua producida) o un mecanismo take-or-pay. Finalmente, al terminar el periodo de concesión la planta será transferida al sector público.

- **Ventajas**: La financiación del proyecto proviene del sector privado, superando así posibles limitaciones de presupuesto del sector público. Además, las Autoridades Públicas sólo habrán de tratar con una entidad privada, ahorrando en gestión, conflictos y burocracia. Se consigue la total

implicación de la entidad privada con su experiencia y especialización, lo que además logra una optimización del 'life cycle cost' de la planta.

- **Inconvenientes**: Se depende del sector privado para la financiación, que además reflejará un parte significativa del riesgo de proyecto en el precio. El proceso de licitación será complejo y puede requerir un plazo más largo antes de comenzar la construcción. Dependencia de la experiencia del sector público en proyectos BOT.

- **Ejemplos:** Hadera, Israel (2007); Antofagasta, Chile (2003)
- **Conclusión:** Mientras que permiten varios niveles de distribución de riesgo entre los sectores público y privado, los proyectos BOT pueden requerir un periodo largo de formalización que retrase el comienzo de la construcción

2.5.- MODELO BOO (BUILD, OPERATE, OWN)

En este caso, muy similar al BOT, también una SPC ofrece una solución total al proyecto, aportando la construcción, operación y financiación. Además, normalmente el terreno también será aportado por el sector privado. En cambio la principal diferencia con el BOT radicará en que al finalizar el periodo de concesión la SPC seguirá siendo la propietaria de la planta, sin garantía de compra adicional de agua por parte de la Autoridad Pública.

Así pues, como en el BOT, el sector público ofrece un contrato de compra de agua (WPA) fijo en el tiempo, permitiendo a la concesionaria financiar los costos de construcción de la planta. La planta será propiedad exclusiva de la entidad privada y en la mayoría de los casos deberá además aportar los terrenos utilizados para el Proyecto. Al final de la concesión, la autoridad pública puede optar por renegociar un contrato de compra de agua revisado, pero no tiene obligación.

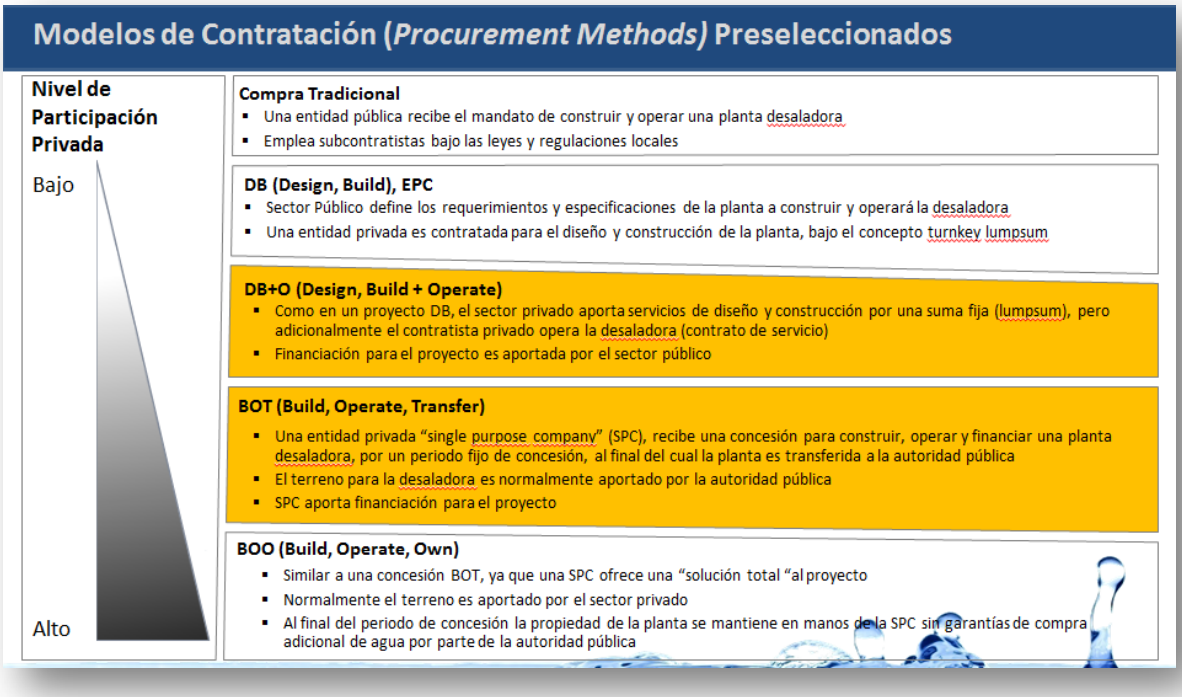
- **Ventajas**: A las ventajas del modelo BOT (financiación privada, aportación de experiencia y especialización al Proyecto, optimización del 'life cycle cost' de la planta, facilita gestión del Proyecto) hay que sumar que el riesgo del valor residual de la planta lo debe asumir la entidad privada.
- **Inconvenientes**: El sector público no desarrolla plantas de su propiedad a largo plazo y debe confiar en el sector privado para la producción de agua futura, así como los inconvenientes propios del BOT (dependencia para la financiación, riesgo de proyecto reflejado en el precio, proceso de licitación, dependerá de la experiencia del sector público en proyectos BOT).

- **Ejemplos**: Palmachin, Israel (2007/2011);Tianjin, China (2007)
- **Conclusión**: En un proyecto BOO, la autoridad pública contrata a una entidad del sector privado para proveer sus necesidades de agua, bajo un contrato a largo plazo, y no desarrolla una solución a largo plazo de plantas desaladoras de propiedad estatal.

2.6.- COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES MODELOS DE CONTRATACIÓN

	Contratación Tradicional	DB/DB+ O	BOT/BOO
Responsabilidad de Diseño	Público	Privado	Privado
Riesgo de Construcción	Público	Privado	Privado
Riesgos de Operación	Público	Público/Conjunto	Privado
Responsabilidad Financiera	Público	Público	Privado
Life cycle costing	Limitado	No/Limitado	Si
Riesgo de Valor Residual	Público	Público	Público(BOT)/ Privado (BOO)
Coste de Licitación	Bajo	Medio	Alto

Recomendación: Este estudio analiza en detalle los dos modelos que tienen una componente equilibrada de participación pública y privada, es decir **DBO** y **BOT**, evitando los extremos.



3. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD FINANCIERA

Las implicaciones financieras del proyecto han sido examinadas independientemente bajo dos métodos de contratación, el método BOT (construir, operar, transferir) y un método DBOM (diseño, construcción, operación, mantenimiento). Los precios del agua fueron examinados utilizando modelos financieros diseñados específicamente para cumplir con los parámetros críticos del proyecto.

PARÁMETROS

Demanda de Agua y Capacidad de la Planta

La demanda de agua dulce en la región de Coquimbo puede dividirse en dos segmentos: demanda de consumo público (es decir, agua potable, consumo privado, etc.), que podría ser abastecido únicamente por agua desalada, y la demanda de la industria local (minería y agricultura comercial), que podría recibir agua reutilizada de alta calidad.

Aunque existen economías de escala en los proyectos de desalación y potabilización, favoreciendo a las plantas más grandes para los precios de agua reducidos, bajo cualquier método de contratación a largo plazo el operador de la planta requerirá una garantía para el consumo mínimo de agua (a través de una cláusula take-or-pay o un sistema de pago basado en capacidad + producción). Esa garantía significaría que los riesgos asociados a la demanda serían asumidos por el sector público y, por lo tanto, el sector público debe considerar los riesgos involucrados en la adquisición de plantas más grandes, que requieren una mayor garantía y riesgos adicionales.

Es importantísimo dimensionar bien la capacidad de la planta, de forma que no se invierta excesivamente en una capacidad innecesaria, ni se quede corta la inversión y la demanda de agua supere a la capacidad de producción de la(s) planta(s).

Debido a esto la autoridad pública podrá considerar múltiples opciones para la adquisición de la planta, cada una de ellas ofrece diferentes grados de riesgo de demanda:

1. Adquisición de una planta desaladora de 1.000 litros por segundo;
2. Adquisición de dos plantas desaladoras de 500 LPS, simultáneamente o en distintas fases;

3. Adquisición de dos plantas de depuración y reutilización de aguas residuales de 500 LPS, simultáneamente o en distintas fases;
4. Combinar la adquisición de una planta desaladora junto con una depuradora/reutilizadora;
5. Solicitar a los ofertantes privados que decidan sobre el tamaño de las instalaciones que se construyen en base a su perspectiva sobre la demanda futura de producción y venta de agua desalada, con un mínimo definido por la autoridad Pública;

Costo

Los costos para la construcción (CAPEX) de las plantas han sido estudiados y calculados por el equipo de Aqua Advise y se detallan en la sección correspondiente. Los costos de operación y mantenimiento de las instalaciones (OPEX), también están calculados por la parte técnica de nuestra consultoría e incluidos en el informe. Los costos de remplazo de equipos (excepto remplazo de membranas y cartuchos, que se incluyen por separado) se calcularon basándose en la vida técnica esperada de los distintos componentes de la planta, y son parte de los costos de Mantenimiento, tanto preventivo como operativo.

Supuestos Financieros

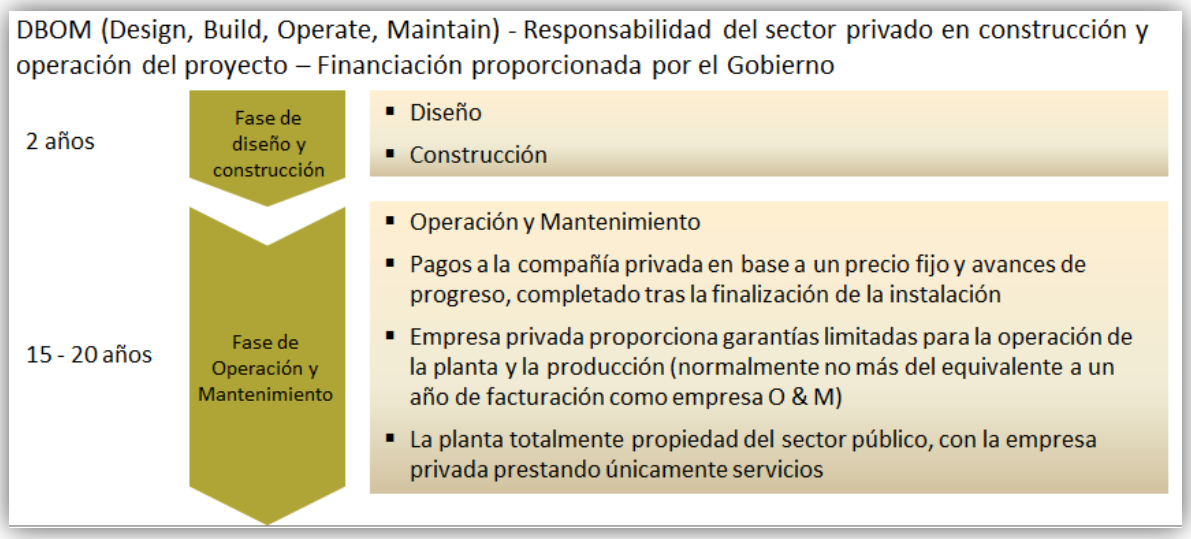
Los supuestos financieros para los modelos se basan en las condiciones económicas actuales, la regulación en Chile y las prácticas comunes de mercado en el sector de la desalación en países similares a Chile (ver detalle abajo).

BOT Project Financial Assumptions		
Project Leverage	70%	Nivel de deuda sobre inversión total. Podría ser de hasta un 80%
Senior Debt Pricing	5%	Coste de Financiación por endeudamiento bancario
Debt Maturity	Construction + 7 years	Podría extenderse y abaratar el proyecto
Corporate Tax	20%	Lo esperado en Chile en los próximos años
Operating Fund	6 months	Común en proyectos BOT
Debt Service Reserve Account	6 months	Común en proyectos BOT
Equipment Reinvestment Fund	As required	Común en proyectos BOT
Minimal Required DSCR	1.25	Común en proyectos BOT en las condiciones actuales de mercado
Expected Equity Return	> 12%	Común en proyectos BOT en las condiciones actuales de mercado

DBO-M Project Financial Assumptions		
Cost of Finance for Public Sector	4.31%	Chile - Bono Soberano a 10 años (30 Junio de 2014)
EPC Margin	10%	Márgen típico en contratos EPC
O&M Margin	8%	Márgen típico en contratos O&M
Residual Value for Facility	30%	Equivalente al Equity Investment. Vida útil de la planta 25 años

Análisis DBOM - Metodología

Bajo un método de contratación DBOM, una entidad del sector privado asume la responsabilidad para el diseño detallado, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones por un período de 15 años (un período de 15 años es el habitual para los contratos de este tipo). La entidad privada es pagada por el sector público por la construcción de las instalaciones bajo un contrato a suma alzada EPC (Engineering, Procurement, Construction), y por la operación de la planta a través de un pago anual fijo. En este tipo de proyectos el sector privado no asumiría ningún riesgo de demanda, pero si garantizaría la capacidad de agua disponible de la planta y estaría sujeto a multas y sanciones si la producción desciende por debajo de la cantidad o calidad acordadas.



Para este método de contratación se calculará el precio del agua de forma que cubra los costos de operación de la planta, incluyendo un margen de beneficio del 10%, como suele ser habitual en grandes contratos de operación en el mercado de desalación (un margen de beneficio del 5% se utilizará para los costos de electricidad, ya que se espera que algunos riesgos de precio serán cubiertos por el sector público). Además se incluirá en el precio del agua los costos de financiamiento (hipotéticos o reales) del sector público para el pago del contrato EPC. También se determinará un precio de agua por m^3 para el proyecto bajo este modelo de contratación.

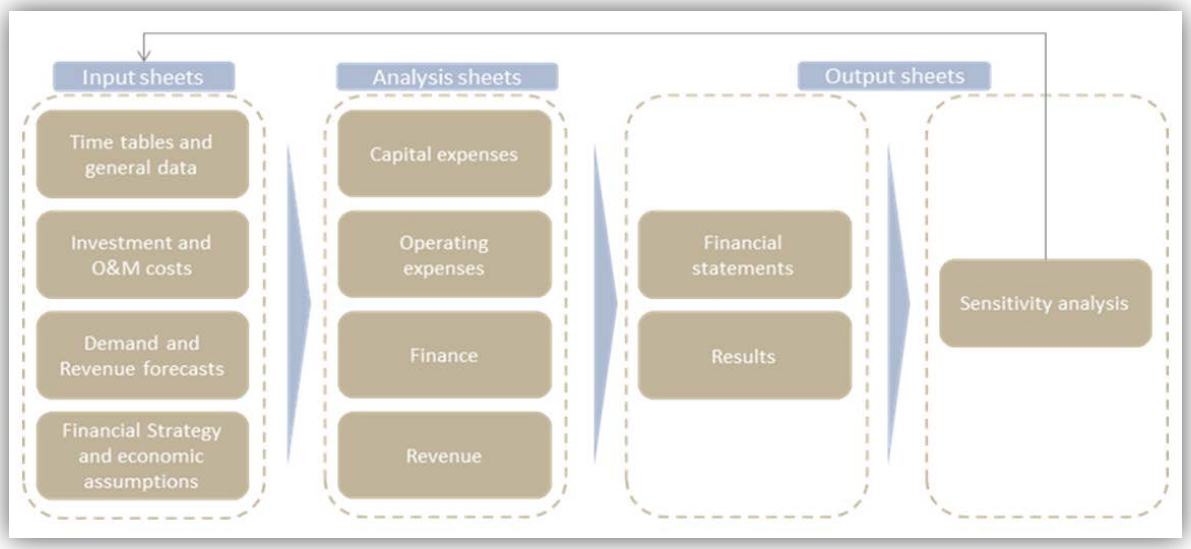
4. ANALISIS BOT

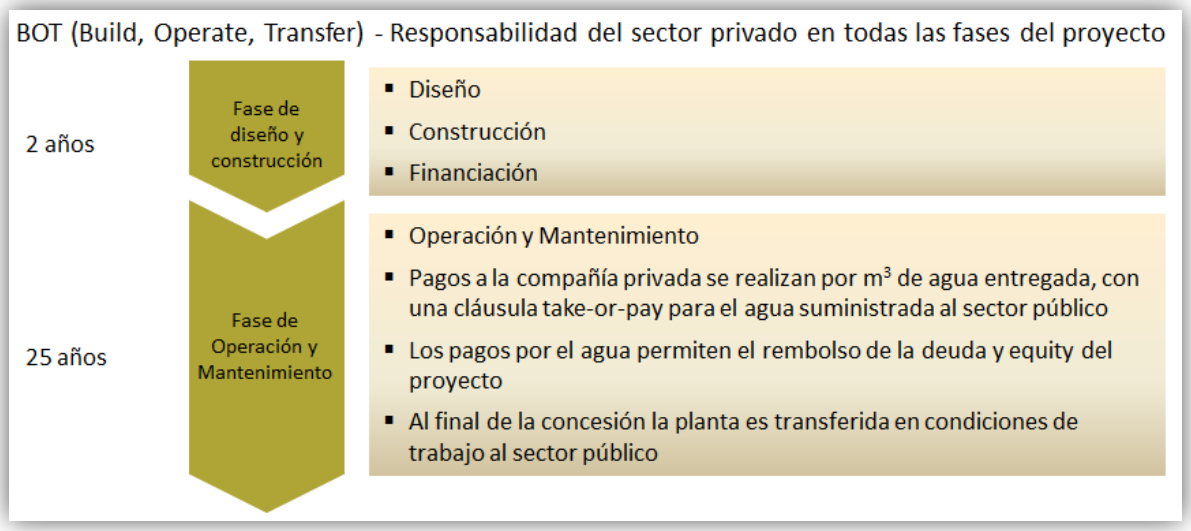
METODOLOGÍA

Bajo el método BOT, una concesión para el proyecto sería entregada a una única entidad del sector privado, quien asumiría total responsabilidad por todos los aspectos del proyecto. A cambio, el sector público firmará un acuerdo de compra de agua con la concesionaria, garantizando un precio fijo de agua y la demanda durante un período de 25 años. Además del diseño, construcción y operación de la planta, será requerido que la concesionaria aporte financiación para el proyecto, con el precio del agua cubriendo intereses y amortizaciones de la deuda del proyecto. Al final del período de 25 años, la concesionaria transferiría las instalaciones a la autoridad pública sin costo adicional.

Una concesión BOT bien estructurada optimiza (minimiza) los costos totales del ciclo de vida, ya que requiere que el concesionario asuma no solo los riesgos de construcción sino también los riesgos relativos a la producción y operación

El modelo financiero para el proyecto se basaría en el siguiente diseño:





PRECIO

El precio del agua se calculará en el modelo apuntando a un objetivo de retorno de equity en torno al 12% (real) para los dueños de la concesionaria, así como una tasa interna de retorno del 10% para el proyecto en su conjunto. Este valor se basa en el retorno esperado en proyectos de infraestructura similares, bajo una concesión de BOT, en países con una calificación crediticia similar a Chile (A+). A través de este método se ha calculado un precio de agua por m^3 para el proyecto.

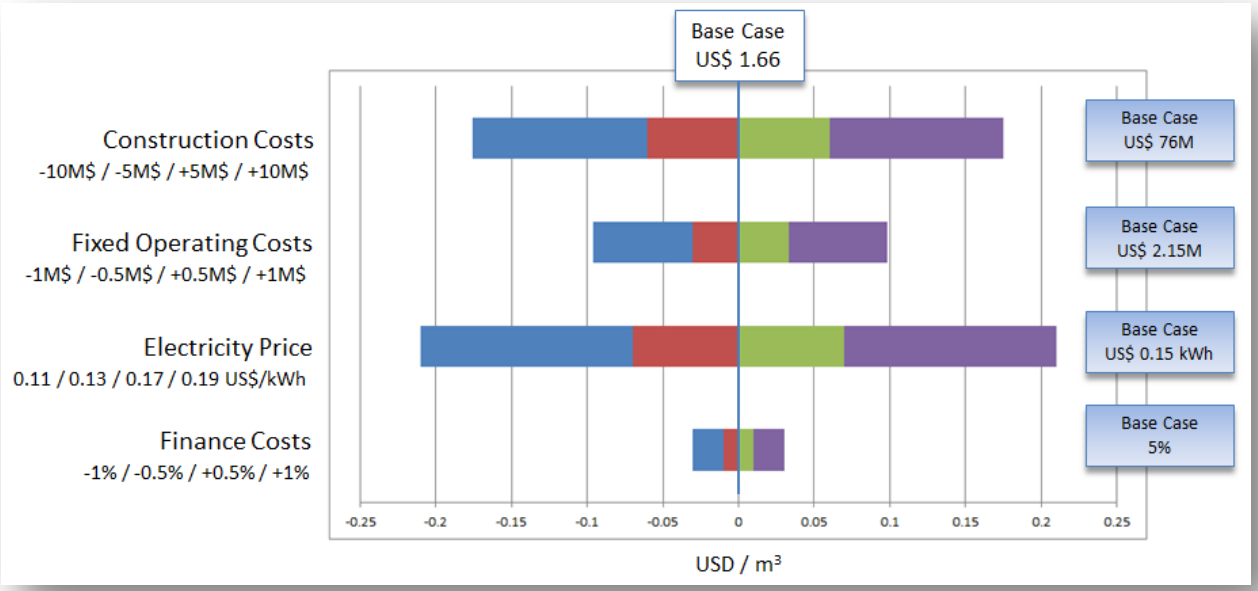
Los precios aquí indicados son precios de venta de agua por un concesionario independiente a la salida de la planta, es decir no incluyen costos de distribución o pérdidas e ineficiencias del sistema.

Precio Agua por m^3 BOT	
Desalación 1.000 LPS	**US$ 1.48**
Desalación 500 LPS	**US$ 1.66**
Depuración + Reutilización por membranas (500 LPS)	**US$ 1.08**
Depuración + Reutilización convencional (500 LPS)	**US$ 0.87**

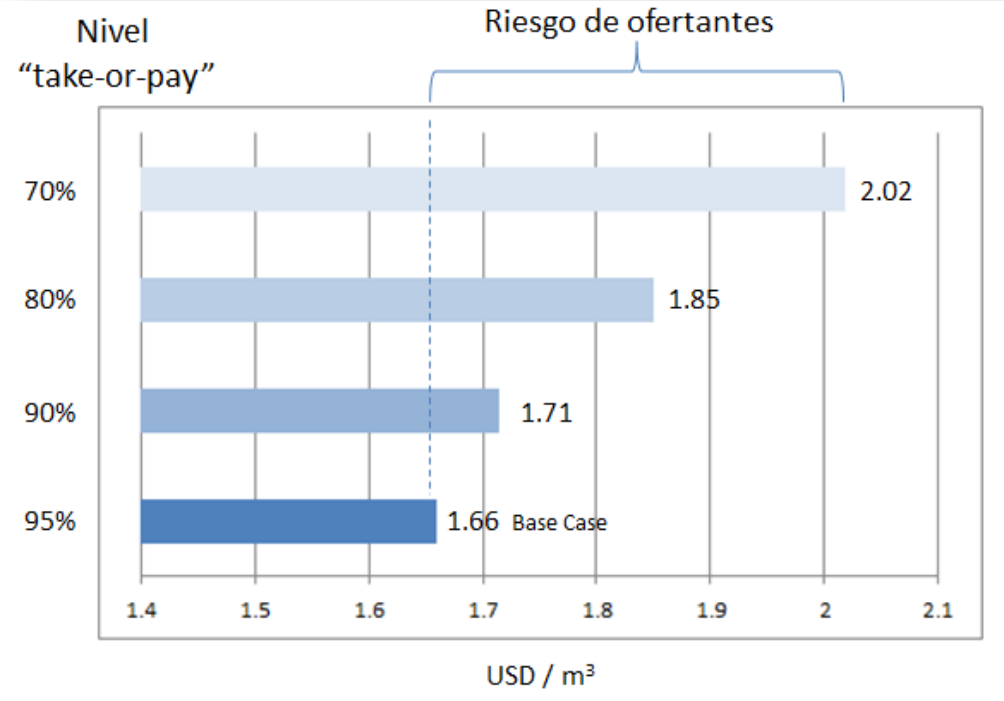
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Los análisis de sensibilidad para el proyecto demuestran que el precio del agua es altamente sensible a los precios de la electricidad, a variaciones sustanciales en CAPEX y a la capacidad del sector público para garantizar la demanda de agua esperada (nivel take-or-pay), como puede verse en los gráficos a continuación.

Sensibilidad del precio del agua a cambios en los principales parámetros del proyecto de desalación



Sensibilidad del precio de agua al nivel de garantía de demanda proporcionada por el sector público



La cláusula "take-or-pay" en la concesión determinará el nivel de riesgo demanda asumido por la concesionaria en el proyecto, y consecuentemente impactará el precio del agua.

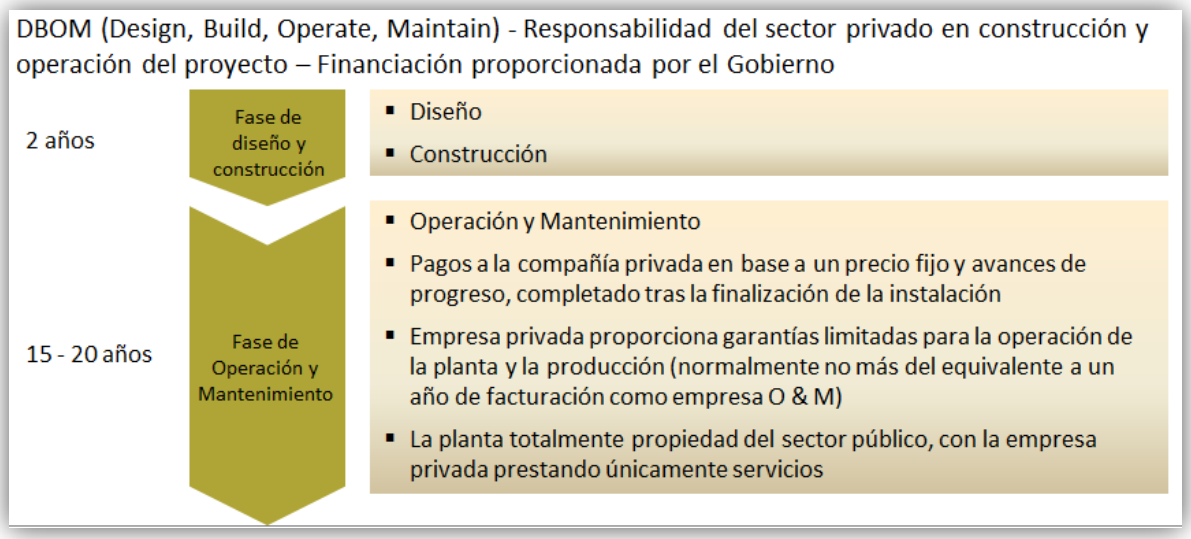
- Una cláusula take-or-pay del 100% (o un 95%) crea un proyecto en el que la concesionaria no asume riesgo de demanda
- Un nivel reducido de take-or-pay requiere que los ofertantes consideren este riesgo en sus ofertas
- Ofertantes con aversión al riesgo pueden optar por impactar todo este riesgo en sus ofertas, ofreciendo un precio de agua basado en un nivel de demanda igual al nivel take-or-pay
- Ofertantes más agresivos pueden presentar un precio de agua basado en niveles de demanda entre el 100% y el nivel take-or-pay
- El nivel de agresividad estará impactado por:
    1. La demanda real esperada en la Región
    2. El nivel de seguridad ofrecido por las autoridades de que evitarán, por ejemplo, la creación de competencia adicional a la desaladora en el caso de que la demanda sea inferior al 100%

Los ofertantes con aversión al riesgo es probable que compensen cualquier riesgo de demanda incrementando el precio total del agua en sus ofertas

5. ANÁLISIS DBO

METODOLOGÍA

Bajo un método de contratación de DBO-M, una entidad del sector privado asume la responsabilidad para el diseño detallado, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones por un período de 15 años (15 años es el plazo típico en contratos de este tipo). La entidad privada es pagada por el sector público para realizar la construcción de las instalaciones bajo un contrato a suma alzada EPC (Engineering, Procurement, Construction), y para la operación de la planta a través de un pago anual fijo. En este tipo de proyectos el sector privado no asumiría ningún riesgo de demanda, pero si garantizaría la capacidad de agua disponible de la planta y estaría sujeto a multas y sanciones si la producción desciende por debajo de la cantidad o calidad acordadas.



PRECIO

Para este método de contratación se ha calculado el precio del agua de forma que cubra los costos de operación de la planta, incluyendo un margen de beneficio del 8%, como suele ser habitual en grandes contratos de operación en el mercado de desalación y tratamiento de aguas. Además se incluye en el precio del agua los costos de financiamiento del sector público para el pago del contrato EPC. El precio del agua global alcanzado bajo un método DBO-M asciende a los precios desglosados en el siguiente gráfico:

Análisis de Precios DBO-M

	1000 LPS Desalination	500 LPS Desalination	500 LPS Reuse membranes	500 LPS Reuse conventional
Costos Fijos	0.09	0.14	0.10	0.10
Energía	0.50	0.50	0.08	0.07
Otros Costos Variables	0.24	0.30	0.31	0.24
Gastos Generales y Utilidades	0.09	0.10	0.06	0.05
Financiación	0.32	0.38	0.38	0.20
TOTAL	**1.24**	**1.41**	**0.93**	**0.67**

Precio Agua por m^3 DBO-M	
Desalación 1.000 LPS	**US$ 1.24**
Desalación 500 LPS	**US$ 1.41**
Depuración + Reutilización por membranas (500 LPS)	**US$ 0.93**
Depuración + Reutilización convencional (500 LPS)	**US$ 0.67**

El precio del agua bajo la contratación de DBO-M sigue siendo muy sensible a los precios de la electricidad, aunque bajo este modelo de compra el riesgo de variación es más probable que corra a cargo del sector público que a cargo del operador de la planta.

6. COMPARACIÓN BOT VS DBOM

Precio Agua por m^3	BOT	DBO-M
Desalación 1.000 LPS	**US$ 1.48**	**US$ 1.24**
Desalación 500 LPS	**US$ 1.66**	**US$ 1.41**
Depuración + Reutilización por membranas (500 LPS)	**US$ 1.08**	**US$ 0.93**
Depuración + Reutilización convencional (500 LPS)	**US$ 0.87**	**US$ 0.67**

El resultado de precios del agua bajo los modelos de contratación BOT son siempre superiores a los precios siguiendo el modelo DBO-M.

Aunque esto puede sugerir una ventaja para el método de adquisición DBO-M, cualquier comparación entre los dos debe tener en cuenta no sólo el precio del agua, sino también la gestión del riesgo y responsabilidades entre los sectores público y privado. Varias cuestiones clave, no directamente reflejadas en los precios de los diferentes métodos, se muestran en la siguiente tabla resumen:

	BOT	DBOM
Optimización de costo total del ciclo de vida	▪ Alto incentivo para los ofertantes de optimizar los costes totales del ciclo de vida ▪ Se puede confiar en el ofertante para optimizar la construcción, operación y decisiones de mantenimiento	▪ Reduce el incentivo para que los ofertantes optimicen los costos del ciclo de vida ▪ Autoridad de gobierno no puede dejar tanta libertad a la iniciativa del sector privado para optimizar los costos del proyecto
Supervisión y monitorización de la concesionaria	▪ El costo de la concesionaria para salir del proyecto es muy alto (pierde su equity + garantías bancarias) ▪ Proyecto vigilado de cerca por los *lenders* ▪ Reduce los requisitos de supervisión por parte de la autoridad pública	▪ Tras el fin de la construcción, el costo a la concesionaria para salir el proyecto es bajo (garantías limitadas) ▪ Supervisión de proyecto exclusivamente por la autoridad de Gobierno ▪ Supervisión pública tendrá que ser estrecha y eficaz
Limitaciones presupuestarias	▪ Proyecto total o parcialmente financiado por el sector privado ▪ Puede ayudar en caso de limitaciones presupuestarias a corto plazo	▪ Proyecto financiado totalmente por el sector público ▪ Requiere alto compromiso presupuestario durante la fase de construcción

REQUISITOS PARA UN PROYECTO BOT EXITOSO

Conseguir un proyecto BOT exitoso requiere de un proceso minucioso de preparación de licitación, que consiga una concesión "bankable" y un precio atractivo del agua.

Condiciones necesarias para conseguir una licitación BOT exitosa

- Claridad en los objetivos marcados por parte del sector público.
- Equipo experimentado de asesores, incluyendo:
  - Consultoría técnica e ingeniería
  - Consultoría legal
  - Consultores financieros/económicos
- La redacción correcta de los documentos de licitación, incluyendo los criterios de precalificación para los ofertantes, los criterios de selección del mejor proponente, y el contrato de concesión, debiendo todos ellos reflejar los objetivos del sector público.
- Proceso de consultas con consumidores potenciales, autoridades locales, ofertantes potenciales y entidades financieras antes y durante el proceso de licitación.
- Elaborar el contrato de concesión teniendo en cuenta los intereses de las potenciales entidades financieras.

Cláusulas importantes de concesión que permiten la "bankabilidad" del proceso BOT

- Cláusula take-or-pay, o contrato de compra en firme o de compra garantizada, de forma que el concesionario no asuma el riesgo de demanda.
- Indexación de precio supeditado a ciertas variables, como el precio de electricidad, inflación y tipos de cambio.
- Cláusulas de terminación que aseguren que:
  - Los financiadores y el concesionario sean "made whole" (se pague toda la deuda y equity pendiente) en caso de incumplimiento (default) del gobierno.
  - Los financiadores sean compensados (en parte) en caso de fuerza mayor.
  - Los financiadores tengan el derecho a intervenir ("step-in" i.e. remplazar el concesionario) en caso de incumplimiento (default) en sus obligaciones de deuda.
- Mecanismo transparente de arbitraje y protección contra cambios de ley.

Importante considerar todos los factores relevantes durante el proceso de licitación para evitar retrasar el cierre financiero y la extensión innecesaria del proceso

REQUISITOS PARA UN PROYECTO DBO-M EXITOSO

Un contrato DBO-M exitoso debe basarse en requisitos claros y bien definidos por el sector público para los contratistas.

Puntos necesarios para lograr el éxito de un proyecto DBOM

- El pliego de condiciones debe ser claro y según los objetivos a largo plazo del sector público
- Proceso exhaustivo de pre-licitación, para dar a conocer el proyecto y atraer competidores (precalificación, RFI, conferencias, etc.)
- Se debe introducir un sistema adecuado de garantías por parte del contratista, para maximizar el compromiso a largo plazo de la empresa en el proyecto
- Seleccionar un contratista con buena reputación para minimizar el riesgo de una salida temprana
- El sector público debe establecer un órgano de control fuerte que supervisará todos los trabajos de contratistas a lo largo de la vida útil del proyecto
- La reglamentación del proyecto debe ser clara y precisa, y establecer un SQC (Service Quality Criteria, o criterios de calidad de servicio) claramente definido para el contratista O&M
- Un sistema claramente definido de multas y recompensas, vinculado a la SQC, permitirá una supervisión eficaz por el sector público sobre los contratistas
- Varios pagos en función de hitos para la fase de construcción de las instalaciones reducirá al mínimo la exposición de contratistas y sus necesidades de financiación, redundando en reducción de costos para el cliente final
- Fuerte respaldo para el proyecto por parte de las máximas autoridades gubernamentales (Ministerios de Finanzas, Obras Públicas)

Un proyecto exitoso de DBOM requiere un eficaz monitoreo y supervisión por parte del sector público en etapas EPC y O&M

7. MODELOS FINANCIEROS

Project: 1.000 LPS (86,400 m^3/d) Desalination Plant in COQUIMBO, CHILE

Project IRR	**10.0%**
ROE	**13.6%**
WACC	7.6%

Take-or-Pay: 95% -> 82,000 m3/day

Currency : USD		Total	2,019 1	2020 2	2021 3	2022 4	2023 5	2024 6	2025 7	2026 8	2027 9	2028 10
1) Revenue												
Take or pay per day	m^3 per day		82,000	82,000	82,000	82,000	82,000	82,000	82,000	82,000	82,000	82,000
Take or pay per month	m^3 per month		2,494,167	2,494,167	2,494,167	2,494,167	2,494,167	2,494,167	2,494,167	2,494,167	2,494,167	2,494,167
Price per m3			**1.48**	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
Total Revenues		**442,964,000**	**44,296,400**	**44,296,400**	**44,296,400**	**44,296,400**	**44,296,400**	**44,296,400**	**44,296,400**	**44,296,400**	**44,296,400**	**44,296,400**
Price adj. (inflation assumption)	1.0%		0	442,964	890,358	1,342,225	1,798,611	2,259,562	2,725,121	3,195,336	3,670,254	4,149,920
Total Revenues adjusted		**463,438,352**	**44,296,400**	**44,739,364**	**45,186,758**	**45,638,625**	**46,095,011**	**46,555,962**	**47,021,521**	**47,491,736**	**47,966,654**	**48,446,320**
Price per m3, adjusted			1.4800	1.4948	1.5097	1.5248	1.5401	1.5555	1.5710	1.5868	1.6026	1.6187
2) Expenses	USD / m^3											
Fixed Costs												
Labor	0.0320	9,569,998	957,000	957,000	957,000	957,000	957,000	957,000	957,000	957,000	957,000	957,000
Preventive Maintenance	0.0198	5,920,004	592,000	592,000	592,000	592,000	592,000	592,000	592,000	592,000	592,000	592,000
Environmental Compliance	0.0135	4,049,999	405,000	405,000	405,000	405,000	405,000	405,000	405,000	405,000	405,000	405,000
Insurance	0.0061	1,840,001	184,000	184,000	184,000	184,000	184,000	184,000	184,000	184,000	184,000	184,000
Administration	0.0048	1,429,996	143,000	143,000	143,000	143,000	143,000	143,000	143,000	143,000	143,000	143,000
Equipment Rental	0.0032	970,001	97,000	97,000	97,000	97,000	97,000	97,000	97,000	97,000	97,000	97,000
Lab. Analysis	0.0026	790,002	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000
Contingency	5%	1,228,500	122,850	122,850	122,850	122,850	122,850	122,850	122,850	122,850	122,850	122,850
Total Fixed Costs	**0.0862**	**25,798,501**	**2,579,850**	**2,579,850**	**2,579,850**	**2,579,850**	**2,579,850**	**2,579,850**	**2,579,850**	**2,579,850**	**2,579,850**	**2,579,850**
Variable Costs												
Power (3.3 kWh/m3)	0.4950	148,153,500	14,815,350	14,815,350	14,815,350	14,815,350	14,815,350	14,815,350	14,815,350	14,815,350	14,815,350	14,815,350
Chemicals	0.0752	22,520,002	2,252,000	2,252,000	2,252,000	2,252,000	2,252,000	2,252,000	2,252,000	2,252,000	2,252,000	2,252,000
Membranes & Cartridges	0.0205	6,149,995	615,000	615,000	615,000	615,000	615,000	615,000	615,000	615,000	615,000	615,000
Corrective Maintenance	0.0203	6,069,999	607,000	607,000	607,000	607,000	607,000	607,000	607,000	607,000	607,000	607,000
Cleaning Chemicals	0.0066	1,990,001	199,000	199,000	199,000	199,000	199,000	199,000	199,000	199,000	199,000	199,000
Waste Management	0.0005	150,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Contingency	5%	9,251,675	925,167	925,167	925,167	925,167	925,167	925,167	925,167	925,167	925,167	925,167
Total Variable Costs	**0.887**	**194,285,172**	**19,428,517**	**19,428,517**	**19,428,517**	**19,428,517**	**19,428,517**	**19,428,517**	**19,428,517**	**19,428,517**	**19,428,517**	**19,428,517**
Total OPEX Costs	0.735	220,083,673	**22,008,367**	**22,008,367**	**22,008,367**	**22,008,367**	**22,008,367**	**22,008,367**	**22,008,367**	**22,008,367**	**22,008,367**	**22,008,367**
Cost adj. (inflation assumption)	1.0%	8,980,104	0	194,285	390,513	588,704	788,876	991,050	1,195,245	1,401,483	1,609,783	1,820,166
Total OPEX crrt	0.765	**229,063,778**	**22,008,367**	**22,202,652**	**22,398,881**	**22,597,071**	**22,797,243**	**22,999,417**	**23,203,613**	**23,409,850**	**23,618,150**	**23,828,533**
Cost per m3, adjusted			0.7353	0.7418	0.7484	0.7550	0.7617	0.7684	0.7753	0.7822	0.7891	0.7961
3) Financing												
Principal	91,000,000											
Rate of interest	5.0%											
Maturity	7											
Outstanding principal		91,000,000	79,823,397	68,087,963	55,765,758	42,827,442	29,242,211	14,977,718	0	0	0	0
Principal repayments		**91,000,000**	11,176,603	11,735,434	12,322,205	12,938,316	13,585,231	14,264,493	14,977,718	0	0	0
Interest		**19,086,224**	4,550,000	3,991,170	3,404,398	2,788,288	2,141,372	1,462,111	748,886	0	0	0
Debt service		**110,086,224**	**15,726,603**	**15,726,603**	**15,726,603**	**15,726,603**	**15,726,603**	**15,726,603**	**15,726,603**	**0**	**0**	**0**
4) Fixed assets												
Fixed assets		130,000,000										
Depreciation of assets (years)	10		13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000
Net fixed assets year end		**130,000,000**	**117,000,000**	**104,000,000**	**91,000,000**	**78,000,000**	**65,000,000**	**52,000,000**	**39,000,000**	**26,000,000**	**13,000,000**	**0**
5) Income statement												
Revenues		**463,438,352**	44,296,400	44,739,364	45,186,758	45,638,625	46,095,011	46,555,962	47,021,521	47,491,736	47,966,654	48,446,320
- operating expenses		**229,063,778**	22,008,367	22,202,652	22,398,881	22,597,071	22,797,243	22,999,417	23,203,613	23,409,850	23,618,150	23,828,533
- depreciation		**130,000,000**	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000
= EBIT		**104,374,574**	**9,288,033**	**9,536,711**	**9,787,877**	**10,041,554**	**10,297,768**	**10,556,545**	**10,817,909**	**11,081,886**	**11,348,504**	**11,617,787**
EBIT %		22.5%	21.0%	21.3%	21.7%	22.0%	22.3%	22.7%	23.0%	23.3%	23.7%	24.0%
Interest income from cash	2%	2,339,310		112,276	152,284	179,887	195,479	198,474	188,241	164,116	439,936	708,615
Interests expenses		19,086,224	4,550,000	3,991,170	3,404,398	2,788,288	2,141,372	1,462,111	748,886	0	0	0
Net income before tax		**87,627,659**	4,738,033	5,657,818	6,535,763	7,433,154	8,351,876	9,292,908	10,257,264	11,246,002	11,788,440	12,326,402
income tax	20.0%	**17,525,532**	947,607	1,131,564	1,307,153	1,486,631	1,670,375	1,858,582	2,051,453	2,249,200	2,357,688	2,465,280
Net income after tax		**70,102,128**	**3,790,426**	**4,526,254**	**5,228,611**	**5,946,523**	**6,681,500**	**7,434,327**	**8,205,811**	**8,996,802**	**9,430,752**	**9,861,122**
Cumulative			3,790,426	8,316,681	13,545,291	19,491,814	26,173,315	33,607,641	41,813,452	50,810,254	60,241,006	70,102,128
6) Free cash flows												
Revenues		**463,438,352**	44,296,400	44,739,364	45,186,758	45,638,625	46,095,011	46,555,962	47,021,521	47,491,736	47,966,654	48,446,320
- operating expenses		229,063,778	22,008,367	22,202,652	22,398,881	22,597,071	22,797,243	22,999,417	23,203,613	23,409,850	23,618,150	23,828,533
- theoretical income tax		20,874,915	1,857,607	1,907,342	1,957,575	2,008,311	2,059,554	2,111,309	2,163,582	2,216,377	2,269,701	2,323,557
= Operating cash flow		**213,499,659**	**20,430,426**	**20,629,369**	**20,830,302**	**21,033,244**	**21,238,215**	**21,445,236**	**21,654,327**	**21,865,509**	**22,078,803**	**22,294,230**
Investment		130,000,000	0									
Project cash flows	**83,499,659**	**-130,000,000**	**20,430,426**	**20,629,369**	**20,830,302**	**21,033,244**	**21,238,215**	**21,445,236**	**21,654,327**	**21,865,509**	**22,078,803**	**22,294,230**
IRR	10.0%		-84.3%	-51.5%	-29.5%	-15.8%	-6.9%	-1.0%	3.2%	6.2%	8.4%	10.0%
NPV	14,154,184											
7) Shareholders' return												
Equity	**0**	-39,000,000										
Dividends	**70,102,128**			3,790,426	4,526,254	5,228,611	5,946,523	6,681,500	7,434,327	8,205,811	8,996,802	9,430,752
Shareholders' cash flow	**70,102,127**	**-39,000,000**	**0**	**3,790,426**	**4,526,254**	**5,228,611**	**5,946,523**	**6,681,500**	**7,434,327**	**8,205,811**	**8,996,802**	**9,430,752**
Cumulative		-39,000,000	-39,000,000	-35,209,574	-30,683,319	-25,454,709	-19,508,186	-12,826,685	-5,392,359	2,813,452	11,810,254	21,241,006
ROE				-68.8%	-44.6%	-28.1%	-16.7%	-8.7%	-3.0%	1.3%	4.5%	6.9%
8) Ratios & Calculations												
Revenues		463,438,352	44,296,400	44,739,364	45,186,758	45,638,625	46,095,011	46,555,962	47,021,521	47,491,736	47,966,654	48,446,320
Interest income		2,339,310	0	112,276	152,284	179,887	195,479	198,474	188,241	164,116	439,936	708,615
- operating expenses		-229,063,778	-22,008,367	-22,202,652	-22,398,881	-22,597,071	-22,797,243	-22,999,417	-23,203,613	-23,409,850	-23,618,150	-23,828,533
-income tax		-17,525,532	-947,607	-1,131,564	-1,307,153	-1,486,631	-1,670,375	-1,858,582	-2,051,453	-2,249,200	-2,357,688	-2,465,280
= Operating Cash Flow		**219,188,352**	**21,340,426**	**21,517,424**	**21,633,009**	**21,734,811**	**21,822,873**	**21,896,437**	**21,954,697**	**21,996,802**	**22,430,752**	**22,861,122**
Cumulative			21,340,426	42,857,850	64,490,859	86,225,670	108,048,543	129,944,980	151,899,677	173,896,479	196,327,230	219,188,352
Debt Service			15,726,603	15,726,603	15,726,603	15,726,603	15,726,603	15,726,603	15,726,603	0	0	0
Debt Service Cash Ratio		1.38	1.36	1.37	1.38	1.38	1.39	1.39	1.40			
Loan Cash Ratio			1.70	1.77	1.86	2.00	2.22	2.67	4.02			
Dividends			0	3,790,426	4,526,254	5,228,611	5,946,523	6,681,500	7,434,327	8,205,811	8,996,802	9,430,752
Net cash flow		**48,861,122**	**5,613,823**	**2,000,395**	**1,380,151**	**779,597**	**149,746**	**-511,667**	**-1,206,233**	**13,790,991**	**13,433,950**	**13,430,370**
Cash year end			5,613,823	7,614,217	8,994,368	9,773,965	9,923,711	9,412,044	8,205,811	21,996,802	35,430,752	48,861,122
months of debt service			4.3	5.8	6.9	7.5	7.6	7.2				

Project: 500 LPS (43,200 m^3/d) Desalination Plant in COQUIMBO, CHILE

Project IRR	**10.0%**
ROE	**13.5%**
WACC	7.5%

Take-or-Pay: 95% -> 41,000 m3/day

Currency : USD		Total	2,019 1	2,020 2	2,021 3	2,022 4	2,023 5	2,024 6	2,025 7	2,026 8	2,027 9	2,028 10
1) Revenue												
Take or pay per day	m^3 per day		41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000
Take or pay per month	m^3 per month		1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083
Price per m3			**1.66**	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
Total Revenues		**248,419,000**	**24,841,900**	**24,841,900**	**24,841,900**	**24,841,900**	**24,841,900**	**24,841,900**	**24,841,900**	**24,841,900**	**24,841,900**	**24,841,900**
Price adj. (inflation assumption)	1.0%		0	248,419	499,322	752,734	1,008,681	1,267,187	1,528,277	1,791,979	2,058,318	2,327,320
Total Revenues adjusted		**259,901,238**	**24,841,900**	**25,090,319**	**25,341,222**	**25,594,634**	**25,850,581**	**26,109,087**	**26,370,177**	**26,633,879**	**26,900,218**	**27,169,220**
Price per m3, adjusted			1.6600	1.6766	1.6934	1.7103	1.7274	1.7447	1.7621	1.7797	1.7975	1.8155
2) Expenses	USD / m^3											
Fixed Costs												
Labor	0.0583	8,719,998	872,000	872,000	872,000	872,000	872,000	872,000	872,000	872,000	872,000	872,000
Preventive Maintenance	0.0277	4,149,998	415,000	415,000	415,000	415,000	415,000	415,000	415,000	415,000	415,000	415,000
Environmental Compliance	0.0226	3,380,004	338,000	338,000	338,000	338,000	338,000	338,000	338,000	338,000	338,000	338,000
Insurance	0.0086	1,289,998	129,000	129,000	129,000	129,000	129,000	129,000	129,000	129,000	129,000	129,000
Administration	0.0088	1,319,995	132,000	132,000	132,000	132,000	132,000	132,000	132,000	132,000	132,000	132,000
Equipment Rental	0.0052	779,998	78,000	78,000	78,000	78,000	78,000	78,000	78,000	78,000	78,000	78,000
Lab. Analysis	0.0053	789,996	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000	79,000
Contingency	5%	1,021,499	102,150	102,150	102,150	102,150	102,150	102,150	102,150	102,150	102,150	102,150
Total Fixed Costs	**0.1433**	**21,451,487**	**2,145,149**	**2,145,149**	**2,145,149**	**2,145,149**	**2,145,149**	**2,145,149**	**2,145,149**	**2,145,149**	**2,145,149**	**2,145,149**
Variable Costs												
Power (3.3 kWh/m3)	0.4950	74,076,750	7,407,675	7,407,675	7,407,675	7,407,675	7,407,675	7,407,675	7,407,675	7,407,675	7,407,675	7,407,675
Chemicals	0.0752	11,260,001	1,126,000	1,126,000	1,126,000	1,126,000	1,126,000	1,126,000	1,126,000	1,126,000	1,126,000	1,126,000
Membranes & Cartridges	0.0206	3,079,999	308,000	308,000	308,000	308,000	308,000	308,000	308,000	308,000	308,000	308,000
Corrective Maintenance	0.0202	3,030,001	303,000	303,000	303,000	303,000	303,000	303,000	303,000	303,000	303,000	303,000
Cleaning Chemicals	0.0067	999,999	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Waste Management	0.0009	129,996	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Contingency	5%	4,628,837	462,884	462,884	462,884	462,884	462,884	462,884	462,884	462,884	462,884	462,884
Total Variable Costs	**0.998**	**97,205,584**	**9,720,558**	**9,720,558**	**9,720,558**	**9,720,558**	**9,720,558**	**9,720,558**	**9,720,558**	**9,720,558**	**9,720,558**	**9,720,558**
Total OPEX Costs	0.793	118,657,071	**11,865,707**	**11,865,707**	**11,865,707**	**11,865,707**	**11,865,707**	**11,865,707**	**11,865,707**	**11,865,707**	**11,865,707**	**11,865,707**
Cost adj. (inflation assumption)	1.0%	4,492,964	0	97,206	195,383	294,543	394,694	495,846	598,010	701,196	805,413	910,673
Total OPEX crrt	0.823	**123,150,035**	**11,865,707**	**11,962,913**	**12,061,090**	**12,160,250**	**12,260,401**	**12,361,553**	**12,463,717**	**12,566,903**	**12,671,121**	**12,776,380**
Cost per m3, adjusted			0.7929	0.7994	0.8060	0.8126	0.8193	0.8260	0.8329	0.8398	0.8467	0.8538
3) Financing												
Principal	53,200,000											
Rate of interest	5.0%											
Maturity	7											
Outstanding principal		53,200,000	46,665,986	39,805,271	32,601,520	25,037,581	17,095,446	8,756,204	0	0	0	0
Principal repayments		**53,200,000**	6,534,014	6,860,715	7,203,751	7,563,938	7,942,135	8,339,242	8,756,204	0	0	0
Interest		**11,158,100**	2,660,000	2,333,299	1,990,264	1,630,076	1,251,879	854,772	437,810	0	0	0
Debt service		**64,358,100**	**9,194,014**	**9,194,014**	**9,194,014**	**9,194,014**	**9,194,014**	**9,194,014**	**9,194,014**	**0**	**0**	**0**
4) Fixed assets												
Fixed assets		76,000,000										
Depreciation of assets (years)	10		7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000
Net fixed assets year end		**76,000,000**	**68,400,000**	**60,800,000**	**53,200,000**	**45,600,000**	**38,000,000**	**30,400,000**	**22,800,000**	**15,200,000**	**7,600,000**	**0**
5) Income statement												
Revenues		**259,901,238**	24,841,900	25,090,319	25,341,222	25,594,634	25,850,581	26,109,087	26,370,177	26,633,879	26,900,218	27,169,220
- operating expenses		**123,150,035**	11,865,707	11,962,913	12,061,090	12,160,250	12,260,401	12,361,553	12,463,717	12,566,903	12,671,121	12,776,380
- depreciation		**76,000,000**	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000	7,600,000
= EBIT		**60,751,203**	**5,376,193**	**5,527,406**	**5,680,132**	**5,834,385**	**5,990,180**	**6,147,533**	**6,306,460**	**6,466,976**	**6,629,097**	**6,792,840**
EBIT %		23.4%	21.6%	22.0%	22.4%	22.8%	23.2%	23.5%	23.9%	24.3%	24.6%	25.0%
Interest income from cash	2%	1,363,229		64,779	88,248	104,480	113,692	115,541	109,657	95,653	257,002	414,178
Interests expenses		11,158,100	2,660,000	2,333,299	1,990,264	1,630,076	1,251,879	854,772	437,810	0	0	0
Net income before tax		**50,956,332**	2,716,193	3,258,886	3,778,116	4,308,789	4,851,993	5,408,302	5,978,307	6,562,629	6,886,100	7,207,018
income tax	20.0%	**10,191,266**	543,239	651,777	755,623	861,758	970,399	1,081,660	1,195,661	1,312,526	1,377,220	1,441,404
Net income after tax		**40,765,065**	**2,172,954**	**2,607,109**	**3,022,493**	**3,447,031**	**3,881,595**	**4,326,641**	**4,782,645**	**5,250,103**	**5,508,880**	**5,765,614**
Cumulative			2,172,954	4,780,063	7,802,556	11,249,587	15,131,182	19,457,823	24,240,468	29,490,572	34,999,451	40,765,065
6) Free cash flows												
Revenues		**259,901,238**	24,841,900	25,090,319	25,341,222	25,594,634	25,850,581	26,109,087	26,370,177	26,633,879	26,900,218	27,169,220
- operating expenses		123,150,035	11,865,707	11,962,913	12,061,090	12,160,250	12,260,401	12,361,553	12,463,717	12,566,903	12,671,121	12,776,380
- theoretical income tax		12,150,241	1,075,239	1,105,481	1,136,026	1,166,877	1,198,036	1,229,507	1,261,292	1,293,395	1,325,819	1,358,568
= Operating cash flow		**124,600,963**	**11,900,954**	**12,021,925**	**12,144,106**	**12,267,508**	**12,392,144**	**12,518,027**	**12,645,168**	**12,773,581**	**12,903,278**	**13,034,272**
Investment		76,000,000	0									
Project cash flows	**48,600,962**	**-76,000,000**	**11,900,954**	**12,021,925**	**12,144,106**	**12,267,508**	**12,392,144**	**12,518,027**	**12,645,168**	**12,773,581**	**12,903,278**	**13,034,272**
IRR	10.0%		-84.3%	-51.6%	-29.6%	-15.9%	-7.0%	-1.0%	3.1%	6.1%	8.3%	10.0%
NPV	8,213,082											
7) Shareholders' return												
Equity	**0**	-22,800,000										
Dividends	**40,765,065**			2,172,954	2,607,109	3,022,493	3,447,031	3,881,595	4,326,641	4,782,645	5,250,103	5,508,880
Shareholders' cash flow	**40,765,065**	**-22,800,000**	**0**	**2,172,954**	**2,607,109**	**3,022,493**	**3,447,031**	**3,881,595**	**4,326,641**	**4,782,645**	**5,250,103**	**5,508,880**
Cumulative		-22,800,000	-22,800,000	-20,627,046	-18,019,937	-14,997,444	-11,550,413	-7,668,818	-3,342,177	1,440,468	6,690,572	12,199,451
ROE				-69.1%	-45.0%	-28.4%	-17.0%	-9.0%	-3.2%	1.1%	4.4%	6.8%
8) Ratios & Calculations												
Revenues		259,901,238	24,841,900	25,090,319	25,341,222	25,594,634	25,850,581	26,109,087	26,370,177	26,633,879	26,900,218	27,169,220
Interest income		1,363,229	0	64,779	88,248	104,480	113,692	115,541	109,657	95,653	257,002	414,178
- operating expenses		-123,150,035	-11,865,707	-11,962,913	-12,061,090	-12,160,250	-12,260,401	-12,361,553	-12,463,717	-12,566,903	-12,671,121	-12,776,380
-income tax		-10,191,266	-543,239	-651,777	-755,623	-861,758	-970,399	-1,081,660	-1,195,661	-1,312,526	-1,377,220	-1,441,404
= Operating Cash Flow		**127,923,166**	**12,432,954**	**12,540,408**	**12,612,756**	**12,677,107**	**12,733,474**	**12,781,414**	**12,820,456**	**12,850,103**	**13,108,880**	**13,365,614**
Cumulative			12,432,954	24,973,362	37,586,119	50,263,226	62,996,699	75,778,113	88,598,569	101,448,672	114,557,552	127,923,166
Debt Service			9,194,014	9,194,014	9,194,014	9,194,014	9,194,014	9,194,014	9,194,014	0	0	0
Debt Service Cash Ratio		1.38	1.35	1.36	1.37	1.38	1.38	1.39	1.39			
Loan Cash Ratio			1.70	1.77	1.86	2.00	2.22	2.67	4.02			
Dividends			0	2,172,954	2,607,109	3,022,493	3,447,031	3,881,595	4,326,641	4,782,645	5,250,103	5,508,880
Net cash flow		**28,565,614**	**3,238,940**	**1,173,439**	**811,633**	**460,600**	**92,428**	**-294,195**	**-700,200**	**8,067,458**	**7,858,776**	**7,856,734**
Cash year end			3,238,940	4,412,379	5,224,013	5,684,613	5,777,041	5,482,846	4,782,645	12,850,103	20,708,880	28,565,614
months of debt service			4.2	5.8	6.8	7.4	7.5	7.2				

Project: 500 LPS (43,200 m^3/d) WASTE WATER REUSE Plant in COQUIMBO, CHILE

Membrane Plant -> Absence of E.coli
Take-or-Pay: 95% -> 41,000 m3/day

Project IRR	**10.0%**
ROE	**13.6%**
WACC	7.6%

Currency : USD		**Total**	2,019 1	2,020 2	2,021 3	2,022 4	2,023 5	2,024 6	2,025 7	2,026 8	2,027 9	2,028 10
1) Revenue												
Take or pay per day	m^3 per day		41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000
Take or pay per month	m^3 per month		1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083
Price per m3			**1.08**	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Total Revenues		**162,070,950**	**16,207,095**	**16,207,095**	**16,207,095**	**16,207,095**	**16,207,095**	**16,207,095**	**16,207,095**	**16,207,095**	**16,207,095**	**16,207,095**
Price adj. (inflation assumption)	1.0%		0	162,071	325,763	491,091	658,073	826,725	997,063	1,169,105	1,342,866	1,518,366
Total Revenues adjusted		**169,562,073**	**16,207,095**	**16,369,166**	**16,532,858**	**16,698,186**	**16,865,168**	**17,033,820**	**17,204,158**	**17,376,200**	**17,549,961**	**17,725,461**
Price per m3, adjusted			1.0830	1.0938	1.1048	1.1158	1.1270	1.1382	1.1496	1.1611	1.1727	1.1845
2) Expenses	USD / m^3											
Variable Costs												
Power Secondary Treatment	0.0600	8,979,000	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900
Power Reuse	0.0150	2,244,750	224,475	224,475	224,475	224,475	224,475	224,475	224,475	224,475	224,475	224,475
OPEX Secondary Treatment	0.2100	31,426,500	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650
OPEX Reuse	0.1800	26,937,000	2,693,700	2,693,700	2,693,700	2,693,700	2,693,700	2,693,700	2,693,700	2,693,700	2,693,700	2,693,700
Contingency	5%	3,479,363	347,936	347,936	347,936	347,936	347,936	347,936	347,936	347,936	347,936	347,936
Total OPEX Costs	0.488	73,066,613	**7,306,661**	**7,306,661**	**7,306,661**	**7,306,661**	**7,306,661**	**7,306,661**	**7,306,661**	**7,306,661**	**7,306,661**	**7,306,661**
Cost adj. (inflation assumption)	1.0%	3,377,230	0	73,067	146,864	221,399	296,680	372,713	449,507	527,069	605,406	684,527
Total OPEX crrt	0.511	**76,443,843**	**7,306,661**	**7,379,728**	**7,453,525**	**7,528,060**	**7,603,341**	**7,679,374**	**7,756,168**	**7,833,730**	**7,912,067**	**7,991,188**
Cost per m3, adjusted			0.4883	0.4931	0.4981	0.5030	0.5081	0.5132	0.5183	0.5235	0.5287	0.5340
3) Financing												
Principal	36,190,000											
Rate of interest	5.0%											
Maturity	7											
Outstanding principal		36,190,000	31,745,151	27,078,059	22,177,613	17,032,144	11,629,402	5,956,523	0	0	0	0
Principal repayments		**36,190,000**	4,444,849	4,667,092	4,900,446	5,145,469	5,402,742	5,672,879	5,956,523	0	0	0
Interest		**7,590,445**	1,809,500	1,587,258	1,353,903	1,108,881	851,607	581,470	297,826	0	0	0
Debt service		**43,780,445**	**6,254,349**	**6,254,349**	**6,254,349**	**6,254,349**	**6,254,349**	**6,254,349**	**6,254,349**	**0**	**0**	**0**
4) Fixed assets												
Fixed assets (Depuradora $29M + Reuso $22.7M)		51,700,000										
Depreciation of assets (years)	10		5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000
Net fixed assets year end		**51,700,000**	**46,530,000**	**41,360,000**	**36,190,000**	**31,020,000**	**25,850,000**	**20,680,000**	**15,510,000**	**10,340,000**	**5,170,000**	**0**
5) Income statement												
Revenues		**169,562,073**	16,207,095	16,369,166	16,532,858	16,698,186	16,865,168	17,033,820	17,204,158	17,376,200	17,549,961	17,725,461
- operating expenses		**76,443,843**	7,306,661	7,379,728	7,453,525	7,528,060	7,603,341	7,679,374	7,756,168	7,833,730	7,912,067	7,991,188
- depreciation		**51,700,000**	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000
= EBIT		**41,418,230**	**3,730,434**	**3,819,438**	**3,909,332**	**4,000,126**	**4,091,827**	**4,184,445**	**4,277,990**	**4,372,470**	**4,467,894**	**4,564,273**
EBIT %		24.4%	23.0%	23.3%	23.6%	24.0%	24.3%	24.6%	24.9%	25.2%	25.5%	25.7%
Interest income from cash	2%	929,773		45,238	61,000	71,815	77,852	78,877	74,640	64,877	174,398	281,077
Interests expenses		7,590,445	1,809,500	1,587,258	1,353,903	1,108,881	851,607	581,470	297,826	0	0	0
Net income before tax		**34,757,558**	1,920,934	2,277,418	2,616,429	2,963,060	3,318,072	3,681,852	4,054,804	4,437,347	4,642,292	4,845,350
income tax	20.0%	**6,951,512**	384,187	455,484	523,286	592,612	663,614	736,370	810,961	887,469	928,458	969,070
Net income after tax		**27,806,046**	**1,536,747**	**1,821,935**	**2,093,144**	**2,370,448**	**2,654,457**	**2,945,482**	**3,243,843**	**3,549,877**	**3,713,834**	**3,876,280**
Cumulative			1,536,747	3,358,682	5,451,825	7,822,274	10,476,731	13,422,213	16,666,056	20,215,933	23,929,767	27,806,046
6) Free cash flows												
Revenues		**169,562,073**	16,207,095	16,369,166	16,532,858	16,698,186	16,865,168	17,033,820	17,204,158	17,376,200	17,549,961	17,725,461
- operating expenses		76,443,843	7,306,661	7,379,728	7,453,525	7,528,060	7,603,341	7,679,374	7,756,168	7,833,730	7,912,067	7,991,188
- theoretical income tax		8,283,646	746,087	763,888	781,866	800,025	818,365	836,889	855,598	874,494	893,579	912,855
= Operating cash flow		**84,834,584**	**8,154,347**	**8,225,550**	**8,297,466**	**8,370,101**	**8,443,462**	**8,517,556**	**8,592,392**	**8,667,976**	**8,744,315**	**8,821,419**
Investment		51,700,000	0									
Project cash flows	**33,134,584**	**-51,700,000**	**8,154,347**	**8,225,550**	**8,297,466**	**8,370,101**	**8,443,462**	**8,517,556**	**8,592,392**	**8,667,976**	**8,744,315**	**8,821,419**
IRR	10.0%		-84.2%	-51.5%	-29.4%	-15.7%	-6.9%	-0.9%	3.2%	6.2%	8.4%	10.0%
NPV	5,609,908											
7) Shareholders' return												
Equity	**0**	-15,510,000										
Dividends	**27,806,046**			1,536,747	1,821,935	2,093,144	2,370,448	2,654,457	2,945,482	3,243,843	3,549,877	3,713,834
Shareholders' cash flow	**27,806,046**	**-15,510,000**	**0**	**1,536,747**	**1,821,935**	**2,093,144**	**2,370,448**	**2,654,457**	**2,945,482**	**3,243,843**	**3,549,877**	**3,713,834**
Cumulative		-15,510,000	-15,510,000	-13,973,253	-12,151,318	-10,058,175	-7,687,726	-5,033,269	-2,087,787	1,156,056	4,705,933	8,419,766
ROE				-68.5%	-44.3%	-27.8%	-16.5%	-8.6%	-2.9%	1.3%	4.5%	6.9%
8) Ratios & Calculations												
Revenues		169,562,073	16,207,095	16,369,166	16,532,858	16,698,186	16,865,168	17,033,820	17,204,158	17,376,200	17,549,961	17,725,461
Interest income		929,773	0	45,238	61,000	71,815	77,852	78,877	74,640	64,877	174,398	281,077
- operating expenses		-76,443,843	-7,306,661	-7,379,728	-7,453,525	-7,528,060	-7,603,341	-7,679,374	-7,756,168	-7,833,730	-7,912,067	-7,991,188
-income tax		-6,951,512	-384,187	-455,484	-523,286	-592,612	-663,614	-736,370	-810,961	-887,469	-928,458	-969,070
= Operating Cash Flow		**87,096,491**	**8,516,247**	**8,579,192**	**8,617,046**	**8,649,329**	**8,676,065**	**8,696,952**	**8,711,669**	**8,719,877**	**8,883,834**	**9,046,280**
Cumulative			8,516,247	17,095,439	25,712,486	34,361,815	43,037,879	51,734,831	60,446,500	69,166,378	78,050,211	87,096,491
Debt Service			6,254,349	6,254,349	6,254,349	6,254,349	6,254,349	6,254,349	6,254,349	0	0	0
Debt Service Cash Ratio		1.38	1.36	1.37	1.38	1.38	1.39	1.39	1.39			
Loan Cash Ratio			1.70	1.77	1.86	2.00	2.22	2.67	4.01			
Dividends			0	1,536,747	1,821,935	2,093,144	2,370,448	2,654,457	2,945,482	3,243,843	3,549,877	3,713,834
Net cash flow		**19,386,280**	**2,261,898**	**788,096**	**540,762**	**301,836**	**51,267**	**-211,855**	**-488,162**	**5,476,034**	**5,333,956**	**5,332,446**
Cash year end			2,261,898	3,049,994	3,590,756	3,892,592	3,943,860	3,732,005	3,243,843	8,719,877	14,053,834	19,386,280
months of debt service			4.3	5.9	6.9	7.5	7.6	7.2				

Project: 500 LPS (43,200 m^3/d) WASTE WATER REUSE Plant in COQUIMBO, CHILE

Conventional Plant -> Maximum E.coli levels ≤ 100 CFU/100 ml
Take-or-Pay: 95% -> 41,000 m3/day

Project IRR	10.0%
ROE	13.4%
WACC	7.5%

Currency : USD		Total	2,019 1	2,020 2	2,021 3	2,022 4	2,023 5	2,024 6	2,025 7	2,026 8	2,027 9	2,028 10
1) Revenue												
Take or pay per day	m^3 per day		41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000
Take or pay per month	m^3 per month		1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083	1,247,083
Price per m3			**0.87**	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Total Revenues		**130,195,500**	**13,019,550**	**13,019,550**	**13,019,550**	**13,019,550**	**13,019,550**	**13,019,550**	**13,019,550**	**13,019,550**	**13,019,550**	**13,019,550**
Price adj. (inflation assumption)	1.0%		0	130,196	261,693	394,505	528,646	664,128	800,965	939,170	1,078,757	1,219,740
Total Revenues adjusted		**136,213,299**	**13,019,550**	**13,149,746**	**13,281,243**	**13,414,055**	**13,548,196**	**13,683,678**	**13,820,515**	**13,958,720**	**14,098,307**	**14,239,290**
Price per m3, adjusted			0.8700	0.8787	0.8875	0.8964	0.9053	0.9144	0.9235	0.9328	0.9421	0.9515
2) Expenses	USD / m^3											
Variable Costs												
Power Secondary Treatment	0.0600	8,979,000	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900	897,900
Power Reuse	0.0143	2,132,513	213,251	213,251	213,251	213,251	213,251	213,251	213,251	213,251	213,251	213,251
OPEX Secondary Treatment	0.2100	31,426,500	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650	3,142,650
OPEX Reuse	0.1100	16,461,500	1,646,150	1,646,150	1,646,150	1,646,150	1,646,150	1,646,150	1,646,150	1,646,150	1,646,150	1,646,150
Contingency	5%	2,949,976	294,998	294,998	294,998	294,998	294,998	294,998	294,998	294,998	294,998	294,998
Total OPEX Costs	0.414	61,949,488	**6,194,949**	**6,194,949**	**6,194,949**	**6,194,949**	**6,194,949**	**6,194,949**	**6,194,949**	**6,194,949**	**6,194,949**	**6,194,949**
Cost adj. (inflation assumption)	1.0%	2,863,383	0	61,949	124,518	187,713	251,540	316,005	381,114	446,875	513,293	580,375
Total OPEX crrt	0.433	**64,812,871**	**6,194,949**	**6,256,898**	**6,319,467**	**6,382,662**	**6,446,489**	**6,510,953**	**6,576,063**	**6,641,824**	**6,708,242**	**6,775,324**
Cost per m3, adjusted			0.4140	0.4181	0.4223	0.4265	0.4308	0.4351	0.4394	0.4438	0.4483	0.4527
3) Financing												
Principal	27,860,000											
Rate of interest	5.0%											
Maturity	7											
Outstanding principal		27,860,000	24,438,240	20,845,392	17,072,901	13,111,786	8,952,615	4,585,486	0	0	0	0
Principal repayments		**27,860,000**	3,421,760	3,592,848	3,772,491	3,961,115	4,159,171	4,367,129	4,585,486	0	0	0
Interest		**5,843,321**	1,393,000	1,221,912	1,042,270	853,645	655,589	447,631	229,274	0	0	0
Debt service		**33,703,321**	**4,814,760**	**4,814,760**	**4,814,760**	**4,814,760**	**4,814,760**	**4,814,760**	**4,814,760**	**0**	**0**	**0**
4) Fixed assets												
Fixed assets (Depuradora $29M + Reuso $10.8M)		39,800,000										
Depreciation of assets (years)	10		3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000
Net fixed assets year end		**39,800,000**	**35,820,000**	**31,840,000**	**27,860,000**	**23,880,000**	**19,900,000**	**15,920,000**	**11,940,000**	**7,960,000**	**3,980,000**	**0**
5) Income statement												
Revenues		**136,213,299**	13,019,550	13,149,746	13,281,243	13,414,055	13,548,196	13,683,678	13,820,515	13,958,720	14,098,307	14,239,290
- operating expenses		**64,812,871**	6,194,949	6,256,898	6,319,467	6,382,662	6,446,489	6,510,953	6,576,063	6,641,824	6,708,242	6,775,324
- depreciation		**39,800,000**	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000	3,980,000
= EBIT		**31,600,428**	**2,844,601**	**2,912,847**	**2,981,776**	**3,051,393**	**3,121,707**	**3,192,724**	**3,264,452**	**3,336,896**	**3,410,065**	**3,483,966**
EBIT %		23.2%	21.8%	22.2%	22.5%	22.7%	23.0%	23.3%	23.6%	23.9%	24.2%	24.5%
Interest income from cash	2%	711,630		34,390	46,513	54,834	59,477	60,262	56,995	49,475	133,782	215,902
Interests expenses		5,843,321	1,393,000	1,221,912	1,042,270	853,645	655,589	447,631	229,274	0	0	0
Net income before tax		**26,468,737**	1,451,601	1,725,326	1,986,019	2,252,583	2,525,595	2,805,355	3,092,173	3,386,371	3,543,847	3,699,867
income tax	20.0%	**5,293,747**	290,320	345,065	397,204	450,517	505,119	561,071	618,435	677,274	708,769	739,973
Net income after tax		**21,174,990**	**1,161,281**	**1,380,260**	**1,588,815**	**1,802,066**	**2,020,476**	**2,244,284**	**2,473,738**	**2,709,097**	**2,835,078**	**2,959,894**
Cumulative			1,161,281	2,541,541	4,130,357	5,932,423	7,952,899	10,197,183	12,670,922	15,380,018	18,215,096	21,174,990
6) Free cash flows												
Revenues		**136,213,299**	13,019,550	13,149,746	13,281,243	13,414,055	13,548,196	13,683,678	13,820,515	13,958,720	14,098,307	14,239,290
- operating expenses		64,812,871	6,194,949	6,256,898	6,319,467	6,382,662	6,446,489	6,510,953	6,576,063	6,641,824	6,708,242	6,775,324
- theoretical income tax		6,320,086	568,920	582,569	596,355	610,279	624,341	638,545	652,890	667,379	682,013	696,793
= Operating cash flow		**65,080,343**	**6,255,681**	**6,310,278**	**6,365,421**	**6,421,115**	**6,477,366**	**6,534,180**	**6,591,561**	**6,649,517**	**6,708,052**	**6,767,173**
Investment		39,800,000	0									
Project cash flows	**25,280,342**	**-39,800,000**	**6,255,681**	**6,310,278**	**6,365,421**	**6,421,115**	**6,477,366**	**6,534,180**	**6,591,561**	**6,649,517**	**6,708,052**	**6,767,173**
IRR	10.0%		-84.3%	-51.6%	-29.6%	-15.8%	-7.0%	-1.0%	3.1%	6.1%	8.3%	10.0%
NPV	4,254,156											
7) Shareholders' return												
Equity	**0**	-11,940,000										
Dividends	**21,174,990**			1,161,281	1,380,260	1,588,815	1,802,066	2,020,476	2,244,284	2,473,738	2,709,097	2,835,078
Shareholders' cash flow	**21,174,990**	**-11,940,000**	**0**	**1,161,281**	**1,380,260**	**1,588,815**	**1,802,066**	**2,020,476**	**2,244,284**	**2,473,738**	**2,709,097**	**2,835,078**
Cumulative		-11,940,000	-11,940,000	-10,778,719	-9,398,459	-7,809,643	-6,007,577	-3,987,101	-1,742,817	730,922	3,440,018	6,275,096
ROE				-68.8%	-44.7%	-28.2%	-16.9%	-8.9%	-3.2%	1.1%	4.3%	6.7%
8) Ratios & Calculations												
Revenues		136,213,299	13,019,550	13,149,746	13,281,243	13,414,055	13,548,196	13,683,678	13,820,515	13,958,720	14,098,307	14,239,290
Interest income		711,630	0	34,390	46,513	54,834	59,477	60,262	56,995	49,475	133,782	215,902
- operating expenses		-64,812,871	-6,194,949	-6,256,898	-6,319,467	-6,382,662	-6,446,489	-6,510,953	-6,576,063	-6,641,824	-6,708,242	-6,775,324
-income tax		-5,293,747	-290,320	-345,065	-397,204	-450,517	-505,119	-561,071	-618,435	-677,274	-708,769	-739,973
= Operating Cash Flow		**66,818,311**	**6,534,281**	**6,582,172**	**6,611,085**	**6,635,711**	**6,656,065**	**6,671,915**	**6,683,013**	**6,689,097**	**6,815,078**	**6,939,894**
Cumulative			6,534,281	13,116,453	19,727,538	26,363,250	33,019,315	39,691,230	46,374,243	53,063,339	59,878,417	66,818,311
Debt Service			4,814,760	4,814,760	4,814,760	4,814,760	4,814,760	4,814,760	4,814,760	0	0	0
Debt Service Cash Ratio		1.38	1.36	1.37	1.37	1.38	1.38	1.39	1.39			
Loan Cash Ratio			1.70	1.76	1.85	1.99	2.21	2.66	4.00			
Dividends			0	1,161,281	1,380,260	1,588,815	1,802,066	2,020,476	2,244,284	2,473,738	2,709,097	2,835,078
Net cash flow		**14,899,894**	**1,719,521**	**606,131**	**416,064**	**232,136**	**39,239**	**-163,321**	**-376,032**	**4,215,359**	**4,105,981**	**4,104,816**
Cash year end			1,719,521	2,325,652	2,741,716	2,973,852	3,013,091	2,849,770	2,473,738	6,689,097	10,795,078	14,899,894
months of debt service			4.3	5.8	6.8	7.4	7.5	7.1				

11.- PROPUESTA DE PLAZOS Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO

01PR14-2007-Cronograma_rv00.docx

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALADORA Y UNA PLANTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

LA SERENA - COQUIMBO

FASE: INFORME FINAL

DOCUMENTO: PROPUESTA DE PLAZOS Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO

CATEGORÍA: Informe

CÓDIGO: 01PR14-2007-Cronograma_rv00.docx

REV.	REDACTADO	FECHA	REVISADO	FECHA	APROBADO	FECHA
00	BB	03-07-14	CBE	26-08-14	CBE	26-08-14

INDICE

1. PROPUESTA DE PLAZOS Y CRONOGRAMA 3

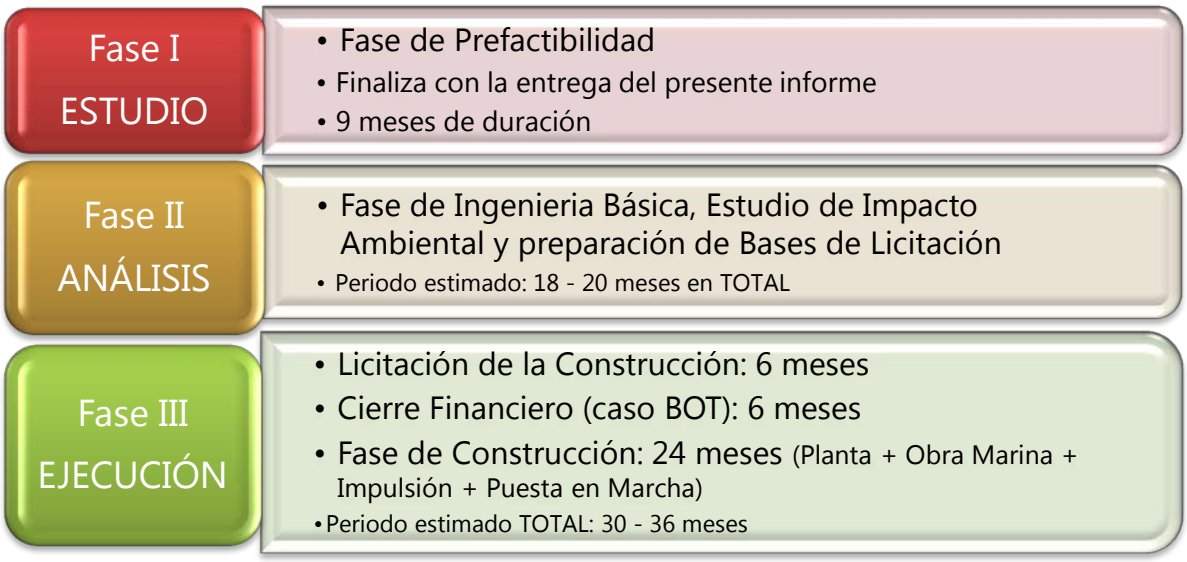
2. PROGRAMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.....4

1. PROPUESTA DE PLAZOS Y CRONOGRAMA

El Estudio incluye un cronograma y análisis de plazos para los estudios de:

- Pre-factibilidad
- Factibilidad
- Ingeniería básica
- Ingeniería de detalle
- Construcción
- Puesta en Marcha

El cronograma previsto para el desarrollo del proyecto comprender desde la fase actual de estudio técnico-económico comparativo, que puede servir como prefactibilidad, hasta la producción de agua desalada con sus tiempos correspondientes asociados, es el siguiente:



2. PROGRAMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO

PROYECTO DESALADORA / REUTILIZACION COQUIMBO - PROGRAMA DE DESARROLLO

ACTIVIDAD	2014				2015				2016				2017				2018				2019			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1.- Definicion Proyecto		■	■																					
2.- Estudio Pre Factibilidad Tecnico, Ambiental y Económico																								
- Definir localizacion, diseño preliminar		■	■																					
- Estudio tarifario y de sensibilidad			■																					
3.- Decisión GO / NO GO				■																				
- Definición de modelo de contratación (DBOM o BOT)				■																				
4.- Estudio Factibilidad / EIA																								
- Confección bases, licitación y contratación					■																			
- Planeamiento general					■																			
- Ingeniería Básica Desaladora						■	■																	
- Ingeniería Básica Tubería, Red de Distribución						■	■																	
- EIA: Desaladora, Conduccion, linea Electrica							■	■	■	■	■	■												
- Estudios y modelos económico-financieros								■	■															
- Concesion Maritima							■	■	■	■	■													
- Análisis de Servidumbres								■	■	■	■													
- Permisos Sectoriales y Otros								■	■	■	■													
- Preparación Bases de Licitación									■	■														
5.- Licitación y Adjudicación																								
- Invitación y Precalificación										■														
- Elaboración de Ofertas											■													
- Estudio y Adjudicación												■												
6.- Financiamiento																								
- Cierre Financiero (caso BOT)													■	■										
7.- Ejecucion del Proyecto																								
- Ingeniería de Detalle														■	■									
- Ejecución Obra Desaladora																■	■	■	■	■	■	■		
- Ejecución Obra Marina																	■	■	■	■	■			
- Ejecución Obra Conducción e Impulsión																	■	■	■	■	■			
8.- FIRST WATER																							■	

12.- RESUMEN DE CONTENIDOS

01PR14-2001-Resumen Segundo Inf_rv01.pptx

Estudio Técnico-Económico Comparativo entre la Instalación de una Planta Desaladora y una Planta de Reutilización de Aguas Depuradas.

La Serena – Coquimbo

Julio – 2014

Revisión 01

Objetivos del Estudio

PROBLEMÁTICA

- Incremento de la demanda de recursos hídricos en sector agrícola, industrial, minero y consumo humano.
- La demanda de agua está siendo superada por la oferta generada por los recursos hídricos disponibles.

CRDP Coquimbo → Directorio Regional del Agua

- **Objetivo:** Aumentar la oferta de agua en el sistema para la Región de Coquimbo.
- Realizar **estudio específico** para la conurbación La Serena – Coquimbo. Características propias y específicas, evitando extrapolar resultados de estudios realizados en otras regiones de Chile o en otros países.
- **Estudio técnico-económico comparativo** entre la instalación de una planta desaladora y una planta de reutilización de aguas depuradas.
  - Estudio viabilidad técnico-económico planta desaladora 1.000L/s.
  - Estudio viabilidad técnico-económico planta reutilización 1.000L/s.
  - Análisis comparativo de ambas instalaciones.

Objetivos del Estudio

Propuesta de AQUA ADVISE

Recopilación y revisión de la INFORMACIÓN PREVIA

- Necesidades hídricas sector minero, agricultura y población.
- Características plantas de tratamiento primario existentes (La Serena y Coquimbo).
- Requerimientos de calidad de agua potable.
- Infraestructuras existentes (red de distribución, depósitos, red eléctrica,…)
- Revisión de antecedentes ambientales para ubicación de las nuevas instalaciones.

Informe de viabilidad de la PLANTA DESALADORA

- Informe técnico de la planta desaladora
- Estudio de localización
- Informe CAPEX/OPEX
- Modelo financiero
- Estructura de financiación del proyecto
- Proyecto básico de infraestructura marina
- Análisis del sistema de impulsión de agua
- Propuesta de plazos y cronograma

Informe de viabilidad de la PLANTA DE REUTILIZACIÓN

- Informe técnico de la planta de reutilización
- Estudio de localización
- Informe CAPEX/OPEX
- Modelo financiero
- Estructura de financiación del proyecto
- Análisis del sistema de impulsión de agua
- Propuesta de plazos y cronograma

ANÁLISIS AMBIENTAL preliminar

- Análisis de Prefactibilidad Ambiental
- Informe línea base de Patrimonio Cultural
- Cartografía temática
- Sistema de Información Geográfica

ANÁLISIS COMPARATIVO

- Estudio de compatibilidad entre la producción de agua de las dos instalaciones.
- Comparativa de costes de producción de agua de cada una de las instalaciones.
- Ventajas económicas y medioambientales entre la reutilización de aguas y la desalación de agua de mar.
- Análisis de demanda de agua y recomendación de alternativas en base a los usos.

Propuesta de AQUA ADVISE

PRIMER Informe

- Resumen Kickoff meeting.
- Recopilación y revisión de la información previa.
- Informe de la visita al terreno.
- Estudio de localización. Informe inicial.
- Análisis ambiental preliminar. Informe inicial.
- Estudio preliminar instalación planta desaladora.
- Estudio preliminar instalación planta reutilización de aguas.
- Estudio plantas desaladoras existentes en Chile.

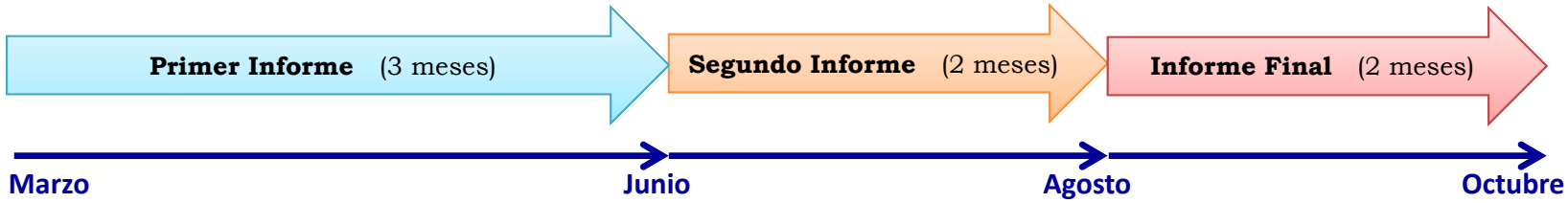
SEGUNDO Informe

- Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
- Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
- Estudio de localización.
- Proyecto básico de infraestructura marina.
- Análisis del sistema de impulsión de agua.
- Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
- Estudio del modelo de financiación del proyecto.
- Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.
- Análisis comparativo. Informe preliminar.

Informe FINAL

- Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
- Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
- Estudio de localización.
- Proyecto básico de infraestructura marina.
- Análisis del sistema de impulsión de agua.
- Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
- Estructura de financiación del proyecto.
- Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.
- Layout de la planta desaladora.
- Layout de la planta de reutilización.
- Análisis comparativo.

Schedule de la Propuesta (7 meses)



CORPORACION REGION Coquimbo

Aqua Advise

SEGUNDO Informe

CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

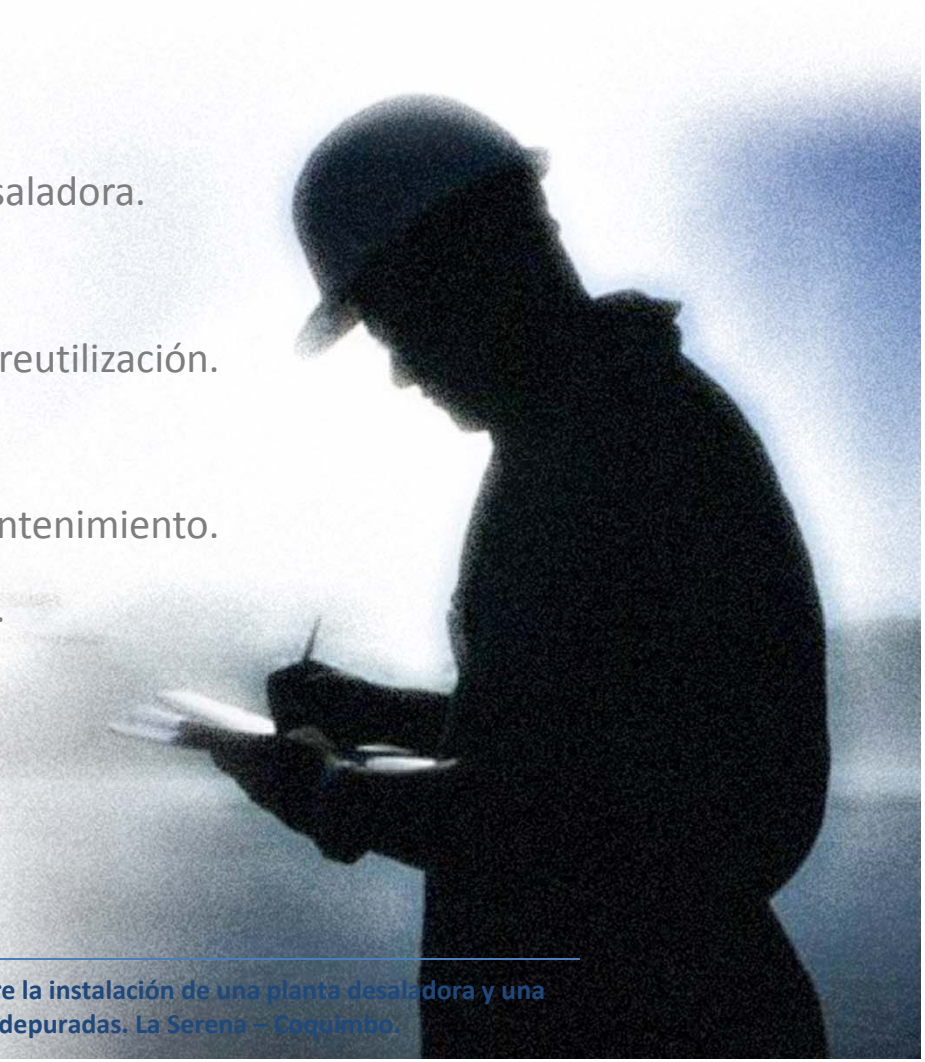
1. Estudio de localización.
2. Análisis ambiental preliminar.
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.

SEGUNDO Informe

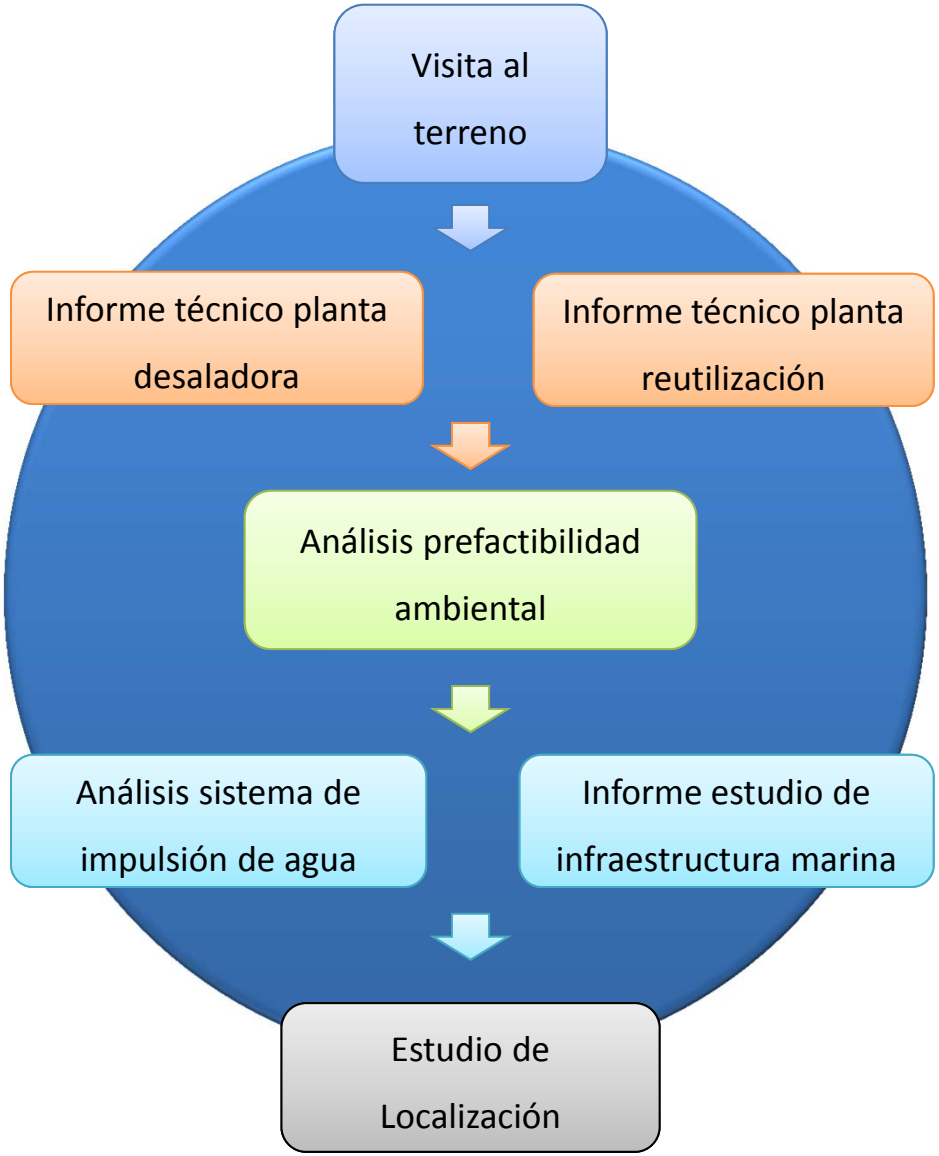
CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.

2. Análisis ambiental preliminar.
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.



Esquema de toma de decisiones



Alternativas de localización

- Punto de estudio P1
- Punto de estudio P2
- Punto de estudio P3

Alternativas de diseño

- A1 → 1 x 1.000 L/s
- A2 → 2 x 500 L/s

Opción A2

Los proyectos de reutilización permitirían aprovechar los emisarios existentes para el vertido de salmuera de las plantas desaladoras.

Estudio de localización

Se estudian TRES posibles emplazamientos:

PUNTO 1.-

Junto a la Planta de Tratamiento Primario de La Serena.

PUNTO 2.-

Punta Teatinos.

PUNTO 3.-

Junto a la Planta de Tratamiento Primario de Coquimbo.

Estudio de localización

Punto de Estudio 1

Punto de Estudio 2

Punto de Estudio 3

Estudio de localización

PUNTO DE ESTUDIO 1

Es un posible emplazamiento ubicado a una cota aproximada a los 10 msnm, junto a la Planta de Tratamiento Primario de La Serena.

VARIABLES TÉCNICAS		
Localización geográfica	V	De los tres puntos de estudio, es el que se sitúa en el punto medio de la conurbación
Vertido de efluentes	V	Posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento primario de la Serena
Disponibilidad legal de terrenos	V	La Cia. Minera San Gerónimo dispone de una parcela de 15Has; Aguas Del Valle es propietaria de una superficie de 2Has
Carreteras de acceso	V	Cercano a la población de la Serena
Suministro eléctrico	V	Cercano a la población de la Serena
Obra marina para captación de mar	V	Proximidad a la playa, de fácil acceso para la construcción del inmisario
Cercanía a zonas de consumo de agua potable	V	Cercano a la población de la Serena
Cercanía de zonas agrícolas	V	Cercano a zonas agrícolas
Cercanía de zonas de uso industrial y minera	I	Alejado de Minera CAP y de la zona industrial
VARIABLES ECONÓMICAS		
Infraestructuras ya existentes	V	Posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Serena
Consumo energético impulsión producto	V	Cercano a la población de la Serena y a zonas agrícolas
VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		
Impacto de las obras	V	Es una zona de escaso desarrollo urbanístico
Influencia sobre tramitación del EIA	V	En esta área ya se ha construido la planta de tratamiento primario de La Serena
VARIABLES SOCIALES		
Repercusión en áreas cercanas	V	Es una zona de escaso desarrollo urbanístico
Impacto local	V	Es una zona de escaso desarrollo urbanístico
Sectores económicos favorecidos	V	Todos de forma directa o indirecta

Estudio de localización

PUNTO DE ESTUDIO 2

Punta de Teatinos, en la zona norte de la ciudad de La Serena, a una cota aproximada a los 15 msnm.

VARIABLES TÉCNICAS		
Localización geográfica	V	Próximo a zonas agrícolas, minera CAP y San Gerónimo; al norte de La Serena
Vertido de efluentes	I	Alejado de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Serena
Disponibilidad legal de terrenos	I	Pendiente de definición
Carreteras de acceso	V	Al norte de la población de la Serena
Suministro eléctrico	V	Al norte de la población de la Serena
Obra marina para captación de mar	V	Proximidad a la playa, de fácil acceso para la construcción del inmisario
Cercanía a zonas de consumo de agua potable	V	Al norte de la población de la Serena
Cercanía de zonas agrícolas	V	Próximo a zonas agrícolas
Cercanía de zonas de uso industrial y minera	V	Próximo a minera CAP y minera San Gerónimo
VARIABLES ECONÓMICAS		
Infraestructuras ya existentes	I	Sin posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Serena
Consumo energético impulsión producto	V	Al norte de la población de la Serena y a zonas agrícolas
VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		
Impacto de las obras	V	Suficientemente alejado de la población de la Serena y de la zona turística
Humedal en Punta de Teatinos	I	Área protegida
VARIABLES SOCIALES		
Repercusión en áreas cercanas	V	Suficientemente alejado de la población de la Serena y de la zona turística
Impacto local	V	Suficientemente alejado de la población de la Serena y de la zona turística
Sectores económicos favorecidos	V	Todos de forma directa o indirecta

Estudio de localización

PUNTO DE ESTUDIO 3

Es un posible emplazamiento ubicado a una cota aproximada a los 12 msnm, junto a la Planta de Tratamiento Primario de Coquimbo.

VARIABLES TÉCNICAS		
Localización geográfica	V	Ubicado cerca del núcleo urbano de Coquimbo
Vertido de efluentes	V	Posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento primario de Coquimbo.
Carreteras de acceso	V	Cercano a la población de Coquimbo
Suministro eléctrico	V	Cercano a la población de Coquimbo
Obra marina para captación de mar	V	Proximidad a la playa, de fácil acceso para la construcción del inmisario
Cercanía a zonas de consumo de agua potable	V	Cercano a la población de Coquimbo y a zona de potencial desarrollo urbanístico
Cercanía de zonas agrícolas	V	Cercano a zonas agrícolas
Cercanía de zonas de uso industrial y minera	V	Es el punto de estudio más cercano a la minera Teck y Dayton. Proximidad a zona de desarrollo de un parque industrial
VARIABLES ECONÓMICAS		
Infraestructuras ya existentes	V	Posibilidad de usar el emisario de la planta de tratamiento primario de Coquimbo.
Consumo energético impulsión producto	V	Cercano a la población de Coquimbo y a zonas agrícolas, zona de desarrollo de un parque industrial y a minera Teck
VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		
Impacto de las obras	V	Suficientemente alejado de la población de Coquimbo y de zona turística
Influencia sobre tramitación del EIA	V	En esta área ya se ha construido la planta de tratamiento primario de Coquimbo
VARIABLES SOCIALES		
Repercusión en áreas cercanas	V	Suficientemente alejado de la población de Coquimbo y de zona turística
Impacto local	V	Suficientemente alejado de la población de Coquimbo y de zona turística
Sectores económicos favorecidos	V	Todos de forma directa o indirecta

Estudio de localización
Análisis de prefactibilidad ambiental

	Ubicación	Accesibilidad	Acceso a Energía	Carga Ambiental					
				Planificación Territorial		Áreas Protegidas	Concesiones	Riesgo	Turismo
				PRDU	PRC				
Punto 1 (ETP La Serena)	Buena	Buena	Buena	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Baja
Punto 2 (Punta Teatinos)	Buena	Buena	Buena	Media	Alta	Alta	Media	Baja	Alta
Punto 3 (ETP Coquimbo)	Buena	Media	Buena	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

CONCLUSIONES

- ✓ El punto 2 es menos recomendable por su elevada carga ambiental.
- ✓ El punto de estudio 1 y 3 presentan cargas ambientales similares.
- ✓ No se aprecian otras posibles áreas aptas para localización.
- ✓ Los puntos 1 y 3 se ubican en una zona de desarrollo turístico. Se recomienda integración paisajística de las plantas con el entorno que las rodea.

Estudio de localización
Análisis del sistema de Impulsión de agua

OPCIÓN A2: 2 x 500 L/s

- ✓ Aporta seguridad y flexibilidad en el sistema de gestión de agua.
- ✓ Mayor cercanía a los puntos de consumo (ahorro en distribución).
- ✓ Aprovechamiento de las plantas de tratamiento primario existentes.
- ✓ Reutilización de emisarios existentes para el vertido de salmuera.

Color azul.- Tubería agua **DESALACIÓN**

Color naranja.- Tubería agua **REUTILIZACIÓN**

CORPORACION REGION Coquimbo

Aqua Advise

Estudio de localización
Análisis del informe de infraestructura marina

OPCIÓN A2: 2 x 500 L/s

- ✓ Es posible utilizar los emisarios de las plantas de tratamiento primario existentes para el vertido de salmuera con el diámetro actual de 900mm.
- ✓ La alternativa de diseño A1 de una única planta desaladora de 1.000 L/s no permitiría utilizar ninguno de los dos emisarios existentes.

OPCIÓN	Diámetro Tubería (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdidas de carga (m.c.a.)			
			Longitud Tubería de Vertido (m)			
			500	1000	1500	2000
DOS Plantas Desaladoras 2 x 500 l/s	800	1,79	2,32	3,96	5,61	7,25
	900	1,42	1,14	2,04	2,95	3,85
	1000	1,15	0,62	1,15	1,69	2,22
	1200	0,80	0,23	0,44	0,66	0,87

SEGUNDO Informe

CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.
2. **Análisis ambiental preliminar.**
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.

Análisis ambiental preliminar

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Realizar una caracterización ambiental y posterior estudio de localización, en el borde costero de la Región de Coquimbo en base a variables espaciales relevantes desde la perspectiva ambiental.

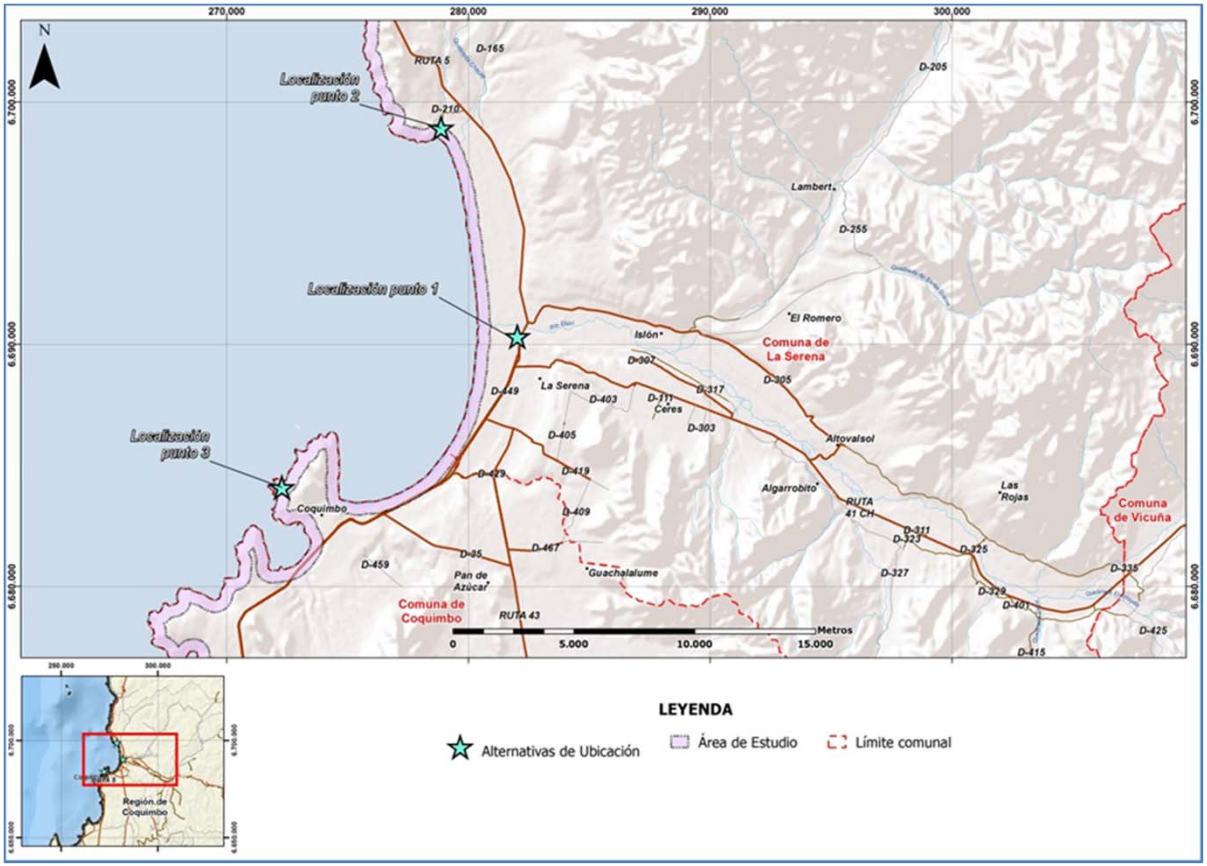
Objetivos Específicos

- Caracterizar física y ambientalmente el área de estudio en forma remota a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Evaluar el contexto físico ambiental de tres áreas propuestas para la instalación de una planta desaladora.
- Determinar, en caso de ser necesario, nuevas posibilidades de emplazamiento con una baja carga ambiental.

Análisis ambiental preliminar

LOCALIZACIÓN

Los alcances de este estudio están referidos a la localización de **tres puntos** previamente definidos.



Análisis ambiental preliminar

CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE UBICACIÓN

- Cercanía a la costa.
- Altura sobre el nivel del mar.
- Calidad de agua del mar.
- Situación ambiental y de protección especial.
- Ausencia de derechos mineros.
- Proximidad a suministro eléctrico.
- Minimizar impacto visual.
- Integración paisajística.

IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

- Aumento de la salinidad del mar.
- Afectación de flora y vegetación terrestre.
- Afectación de fauna terrestre.
- Alteración de fauna marina.
- Alteración del paisaje.

Análisis ambiental preliminar

ACTIVIDADES REALIZADAS

Elaboración de Geobase de Datos General:

Elaboración de base de datos espacial con las coberturas de información ambiental disponibles

Caracterización Físico-ambiental:

Caracterizó del área de estudio en base al cruce de variables ambientales

Caracterización de Áreas Silvestres y Elementos turísticos relevantes:

Se definieron las áreas silvestres y los atractivos turísticos presentes en el área de estudio

Análisis ambiental preliminar

CARACTERIZACIÓN FÍSICA GENERAL DEL BORDE COSTERO

Variables de carácter físico que permiten representar y caracterizar el área de interés.

- Cascos urbanos.
- Sistema lacustre.
- Rutas de acceso.
- Sub-estación eléctrica.
- Generadores de energía.
- Líneas de Alta Tensión (LAT).
- Sistema de agua potable (Cuenca del Elqui).
- Zonas de riego agrícola (Cuenca del Elqui).
- Demanda de agua por Ha/año (Cuenca del Elqui).
- Canales de regadío (Cuenca del Elqui).
- Propiedad minera.

Análisis ambiental preliminar

CARACTERIZACIÓN ADMINISTRATIVA GENERAL DEL BORDE COSTERO

La zonificación propuesta por el **Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU)** de la Región de Coquimbo clasifica el territorio dentro de las siguientes categorías:

- Áreas de riesgo por tsunami.
- Áreas de aptitud preferentemente agrícola.
- Áreas de aptitud preferentemente pecuaria.
- Áreas de biodiversidad de endemismo.
- Áreas de sensibilidad ecosistémica.
- Áreas de humedales costeros.

Análisis ambiental preliminar

CARACTERIZACIÓN ADMINISTRATIVA GENERAL DEL BORDE COSTERO

La zonificación del **Plan Regulador Comunal de Coquimbo** clasifica el territorio principalmente en los núcleos poblados.

- Áreas Residenciales.
- Áreas de Extensión Urbana.
- Áreas Mixtas.
- Áreas de Conservación.
- Áreas de Preservación Ecológica.
- Áreas de Restricción.
- Áreas de Protección.
- Áreas de Turismo y Esparcimiento.
- Áreas de Protección Ambiental.
- Áreas de Protección a la Infraestructura.

Análisis ambiental preliminar

CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS NACIONALES PROTEGIDAS Y ELEMENTOS TURÍSTICOS RELEVANTES DEL BORDE COSTERO

Respecto de una evaluación conjunta de las formaciones vegetales presentes en cada área y de las superficies con algún nivel de protección nacional vigente para la región.

- **Superficies con algún nivel de protección.** Destinadas a la conservación y/o preservación del patrimonio histórico, cultural y ambiental del país.
- **Atractivos turísticos.** Elementos materiales e inmateriales que genera un flujo de desplazamiento turístico.
- **Área turística prioritaria.** Presencia de atractivos turísticos naturales o culturales, singularidad de paisaje y belleza escénica.

Análisis ambiental preliminar

RESULTADOS
Análisis General del Borde Costero

Variable Analizada	Resultado
Cascos Urbanos	Se detectaron dos grandes conglomeraciones que corresponden a las ciudades de La Serena y Coquimbo, las que se encuentran conurbadas formando una sola aglomeración urbana.
Sistema Lacustre	En el área de estudio no se detectaron cuerpos de agua.
Rutas de Acceso	- Ruta 5, principal vía de comunicación terrestre del País, a una distancia que no supera los 2 km de la costa. - Caminos menores que llegan hacia la costa desde la Ruta 5 como las rutas D-410, D-420, D-430, D350 y D-210.
Sub-estación Eléctrica	- La mayor concentración de Sub-estaciones eléctricas se encuentran asociadas al núcleo urbano Coquimbo-La Serena. - Se identifican siete sub estaciones dentro de este sector, de las cuales una de ellas (S/E CGE) se encuentra a 100 metros de la costa en el sector de Caleta Guayacán.

Análisis ambiental preliminar

RESULTADOS
Análisis General del Borde Costero

Variable Analizada	Resultado
Líneas de Tensión Eléctrica	Se observan en el área de estudio 4 líneas de alta tensión, cuyos tramos corresponden a “Pan de Azúcar-Ovalle”, “Guayacán –Pan de Azúcar”, “Pan de Azúcar-Marqueza”, “Pan de Azúcar-San Martín”.
Generadoras de Energía	No se detectó la presencia de ninguna de ellas cercana al borde costero dentro del área de interés.
Proyectos similares ambientales aprobados en el SEIA	Dentro de la unidad de estudio y a escala regional no se detectaron proyectos de similares características dentro de las bases de datos del sistema de evaluación ambiental del País.
Superficies con algún nivel de protección	Se detectó la presencia de tres Sitios Prioritarios para la Conservación de la Naturaleza, dos de ellos corresponden a la Red de Humedales Costeros de la Comuna de La Serena. A su vez, el tercer Sitio corresponde a Punta Teatinos-Caleta Hornos, el cual se encuentra catalogado como Sitio de Prioridad I.
Monumentos Históricos	Se detectaron alrededor de 19 elementos históricos los que se encuentran localizados en su mayoría en el casco urbano de las ciudades de La Serena y Coquimbo.

Análisis ambiental preliminar

RESULTADOS
Análisis General del Borde Costero

Variable Analizada	Resultado
Propiedad Minera	- Dentro del límite costero del área de estudio, las superficies bajo concesión son escasa y aisladas. - Es posible determinar dos puntos de concentraciones de concesiones mineras, las que se ubican en el sector de Caleta Hornos y dentro del sector de la Higuera.
Concesiones Marítimas	Existen otorgamientos concentrados, principalmente, frente al núcleo urbano Coquimbo–La Serena y en el sector de Las Tacas - Totoralillo. Adicionalmente se encuentran en trámite concesiones para el sector de Guanaqueros.
Atractivos Turísticos	Dentro de los atractivos turísticos presentes para el área de estudio, 66 se encuentran asociados al núcleo urbano de Coquimbo–La Serena.
Área turística Prioritaria	Área turística prioritaria “Punta Teatinos – Punta Aldea”, que recorre todo el borde costero desde el Norte de La Serena hasta aproximadamente 20 km al Sur de Tongoy.
Otros	Capas de información sobre los datos hídricos espaciales de la cuenca del Elqui.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 1.- P.T.P. La Serena

CARACTERIZACIÓN FÍSICA

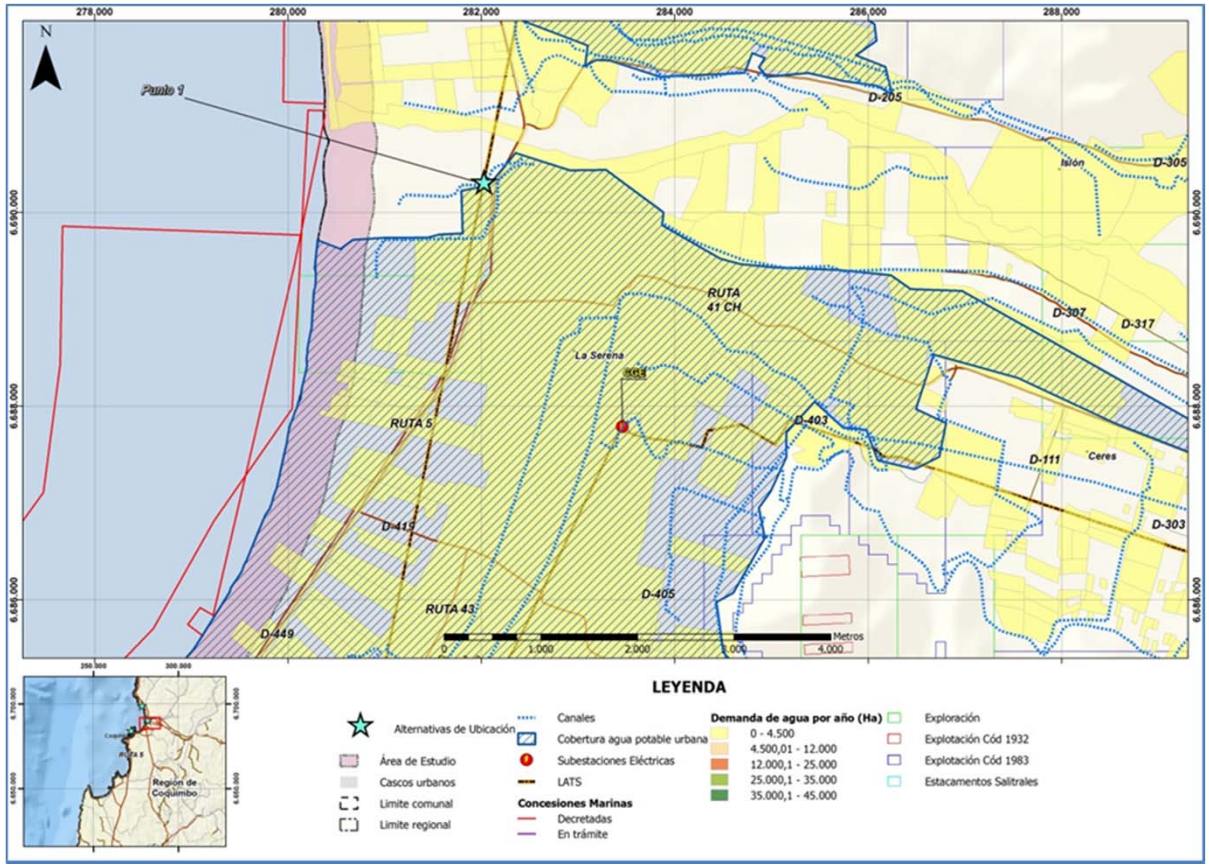
- Ubicación al centro del núcleo del complejo urbano Coquimbo – La Serena.
- Emplazamiento a 1,6 km de la línea de costa y una elevación de 12 msnm.
- El área propuesta se encuentra aproximadamente a 200 m de la Ruta 5.
- Accesibilidad muy buena a través de calles locales.
- La subestación eléctrica más cercana se encuentra a 4 km de la ubicación.
- Acceso relativamente cercano a la red de distribución de energía.
- No se registran concesiones mineras vigentes en el entorno inmediato.
- Existe una concesión marítima en el sector costero frente al área propuesta.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 1.- P.T.P. La Serena

Caracterización física del entorno de la propuesta (Punto 1) asociada a la planta de tratamiento primario de La Serena.



Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 1.- P.T.P. La Serena

CARACTERIZACIÓN ADMINISTRATIVA

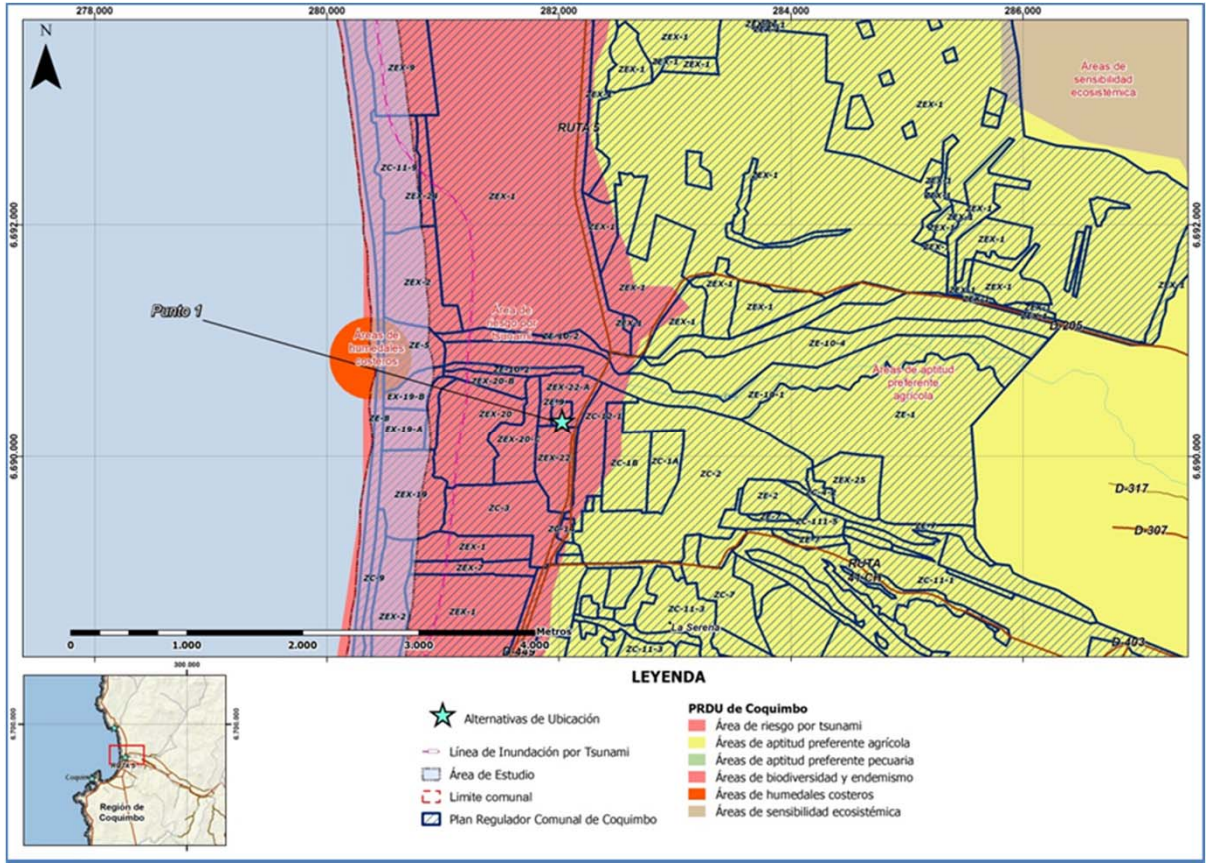
- El área propuesta se encuentra dentro de la zonificación territorial del Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) de la Región de Coquimbo, incluida en la unidad catalogada como **Área de Riesgo de Tsunami**.
- En el marco del Plan Regulador de la Comuna de La Serena esta unidad se encuentra emplazada en un área catalogada como **Área de Protección de Infraestructura (ZE-9),** por lo que dentro del uso permitido se encuentra la localización de plantas de tratamiento sanitario, subestaciones eléctricas y trazados de líneas de alta tensión.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 1.- P.T.P. La Serena

Caracterización administrativa del entorno de la propuesta (Punto 1) asociada a la planta de tratamiento primario de La Serena.



Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 1.- P.T.P. La Serena

CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS NACIONALES PROTEGIDAS Y ELEMENTOS TURÍSTICOS RELEVANTES DEL BORDE COSTERO

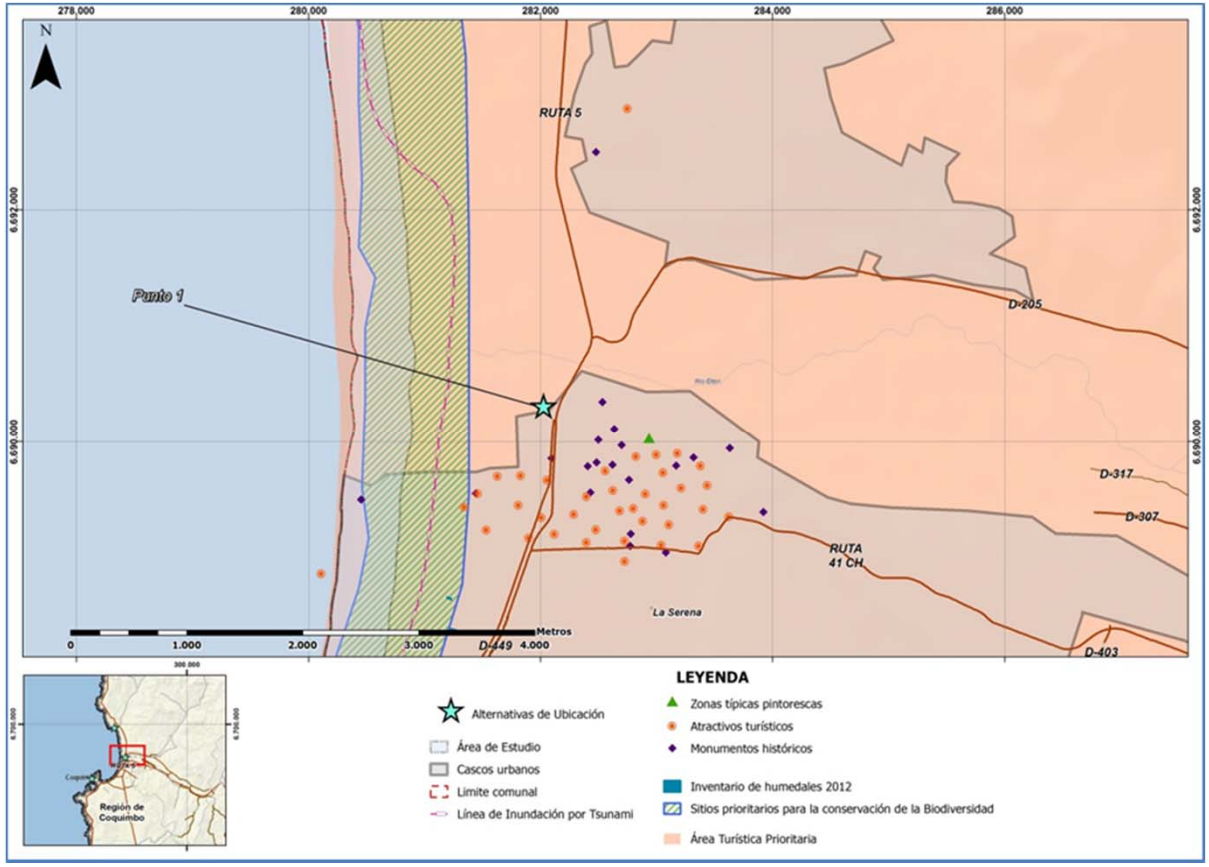
- El área propuesta **no se encuentra inserta dentro de ninguna zona catalogada como de Protección Natural**.
- El área evaluada se encuentra inserta dentro de un **Área turística prioritaria**, lo que no genera restricciones al proyecto ya que dicha zonificación es de carácter indicativo y no normativo.
- **Se han detectado atractivos turísticos** en el entorno cercano del punto de ubicación.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 1.- P.T.P. La Serena

Caracterización de áreas bajo protección del entorno de la propuesta (Punto 1) asociada a la planta de tratamiento primario de La Serena.



Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 2.- Punta Teatinos

CARACTERIZACIÓN FÍSICA

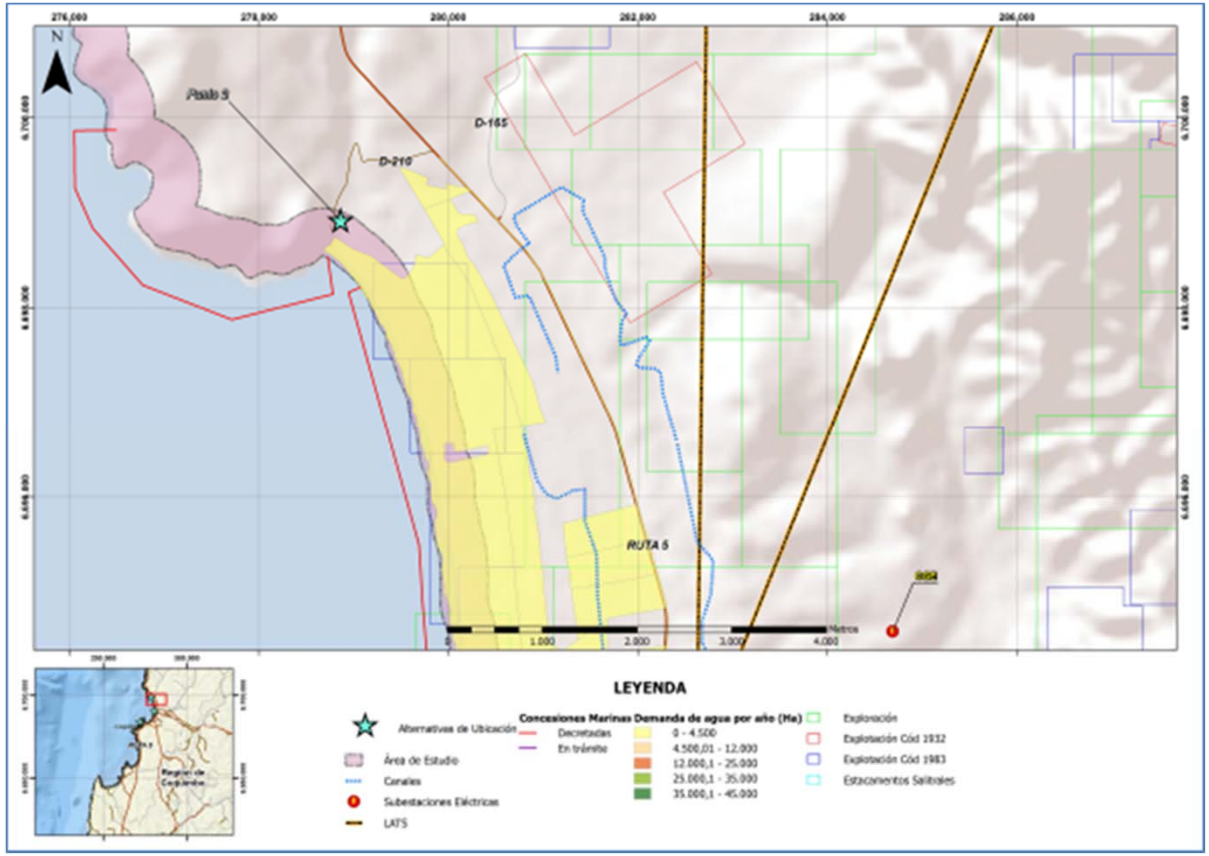
- Ubicación fuera de las áreas con mayor densidad urbana, a 5 km de distancia al norte de la ciudad de La Serena.
- Buen acceso, pudiendo llegar a la zona propuesta por medio de la ruta D-210 que une la ruta Panamericana (Ruta 5) con Punta Teatinos.
- La subestación eléctrica más cercana se encuentra a 7 km de la ubicación.
- Acceso relativamente cercano a la red de distribución de energía.
- No se registran concesiones mineras vigentes en la ubicación exacta.
- En un radio de 500 metros existe el registro de una concesión minera de explotación a nombre de Administradora Serena Norte S.A.
- Dos concesiones marítimas dentro del entorno de la ubicación propuesta.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 2.- Punta Teatinos

Caracterización física del entorno de la propuesta (Punto 2) asociada al sector de Punta Teatinos.



Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 2.- Punta Teatinos

CARACTERIZACIÓN ADMINISTRATIVA

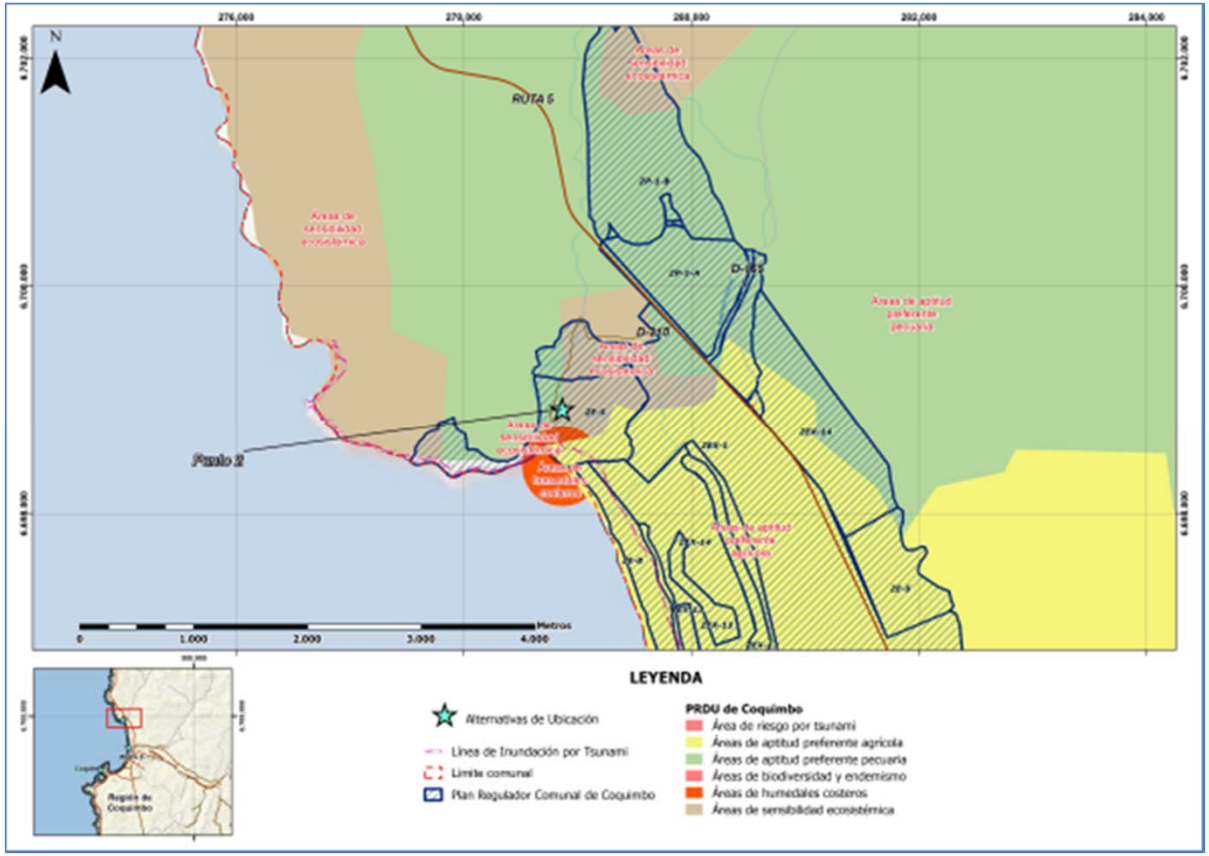
- El área propuesta, dentro de la zonificación territorial del Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) de la Región de Coquimbo ocupa un territorio clasificado como **Área de sensibilidad ecosistémica**.
- En el marco del Plan Regulador de la Comuna de La Serena el área propuesta se encuentra inserta dentro de un área catalogada como **Área de Preservación Ecológica (ZR-5**), dentro de la cual no se tiene contemplado el uso industrial.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 2.- Punta Teatinos

Caracterización administrativa del entorno de la propuesta (Punto 2) asociada al sector de Punta Teatinos.



Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 2.- Punta Teatinos

CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS NACIONALES PROTEGIDAS Y ELEMENTOS TURÍSTICOS RELEVANTES DEL BORDE COSTERO

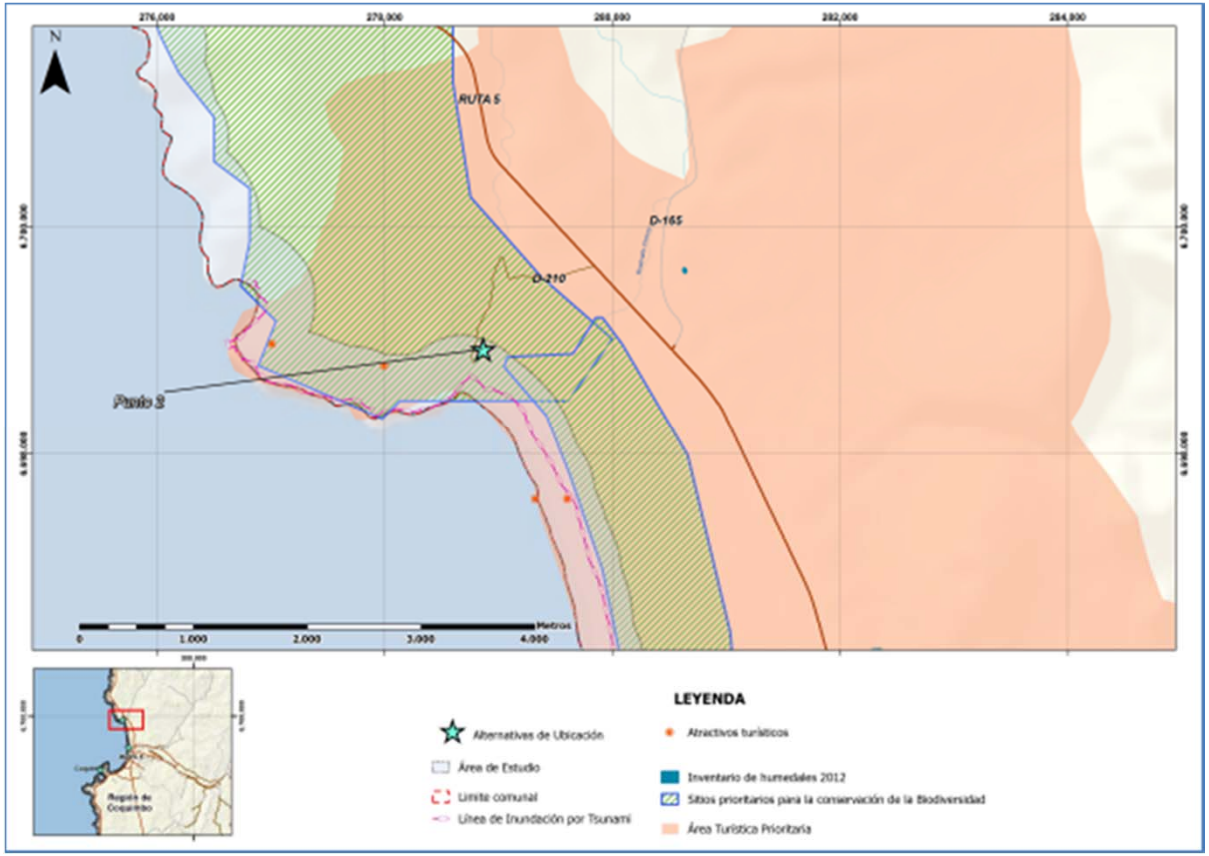
- El área propuesta se encuentra inserta dentro del "Sector costero al norte de La Serena (Punta Teatinos)", considerado como **Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad**.
- El entorno del punto propuesto queda enmarcado dentro de un **área turística prioritaria.**
- La laguna de Punta Teatinos se ha convertido en un **atractivo turístico** para el desarrollo de la observación de vida silvestre, actividades de esparcimiento al aire libre y el desarrollo de algunos deportes acuáticos.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 2.- Punta Teatinos

Caracterización de áreas bajo protección del entorno de la propuesta (Punto 2) asociada al sector de Punta Teatinos.



Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 3.- P.T.P. Coquimbo

CARACTERIZACIÓN FÍSICA

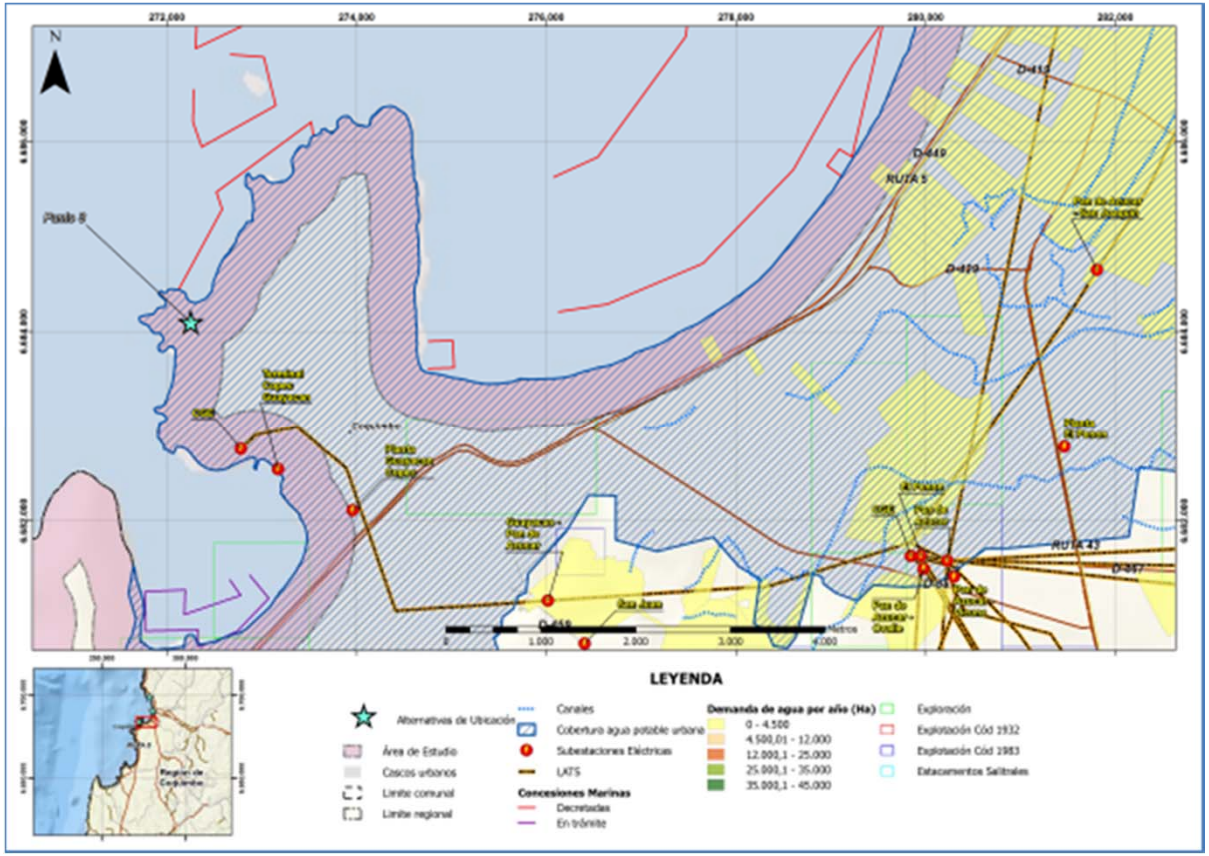
- Ubicación fuera de las zonas de mayor densidad urbana, al sur de la ciudad de Coquimbo en el sector conocido como la Pampilla.
- El acceso es de mediana calidad existiendo un camino rústico que permite acercarse al área propuesta.
- La subestación eléctrica más cercana se encuentra a menos de 2 km.
- Acceso relativamente cercano a la red de distribución de energía.
- No se registran concesiones mineras vigentes en el entorno cercano.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 3.- P.T.P. Coquimbo

Caracterización física del entorno de la propuesta (Punto 3) asociada a la planta de tratamiento primario de Coquimbo.



Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 3.- P.T.P. Coquimbo

CARACTERIZACIÓN ADMINISTRATIVA

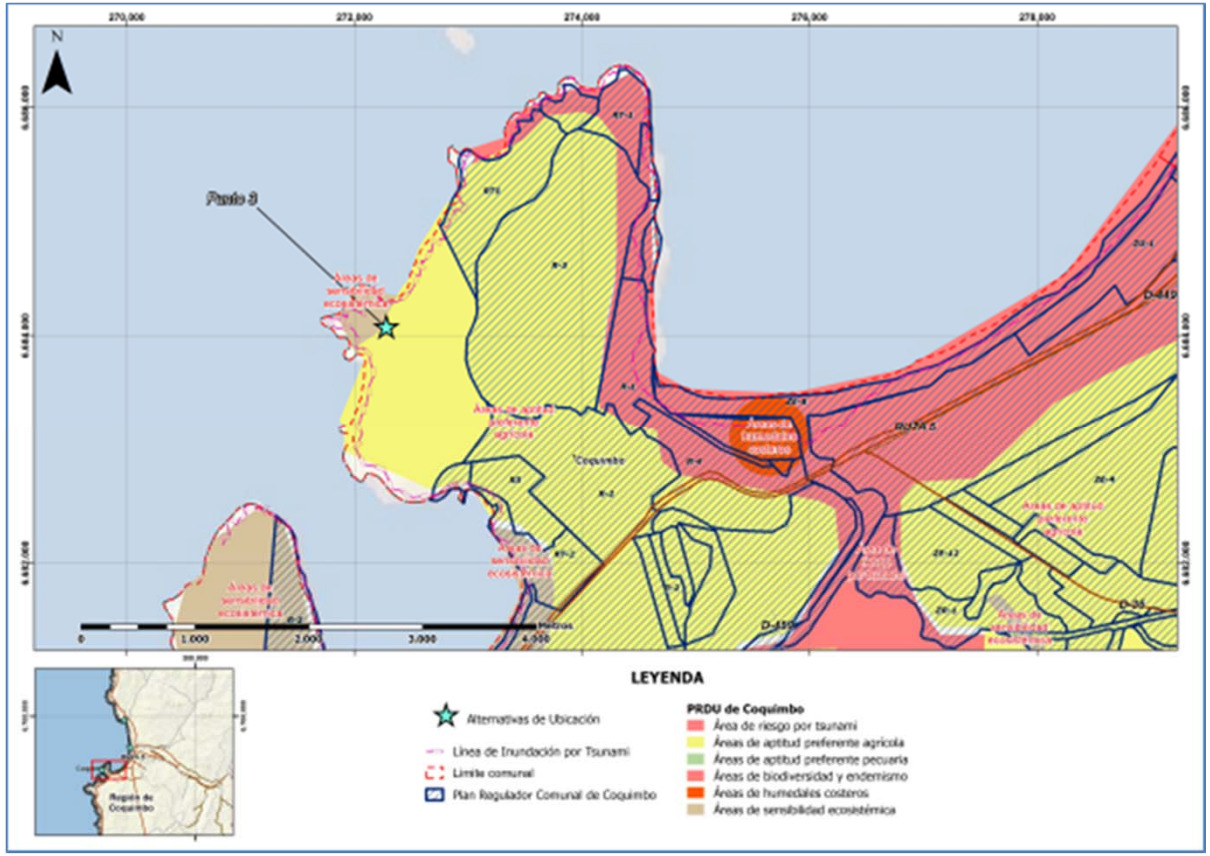
- El área propuesta, dentro de la zonificación territorial del Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) de la Región de Coquimbo ocupa un territorio clasificado como **Área de sensibilidad ecosistémica**.
- El área propuesta se encuentra fuera de los alcances de la zonificación del Plan Regulador Comunal de la Región de Coquimbo, por lo que **no presenta restricciones** en este sentido.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 3.- P.T.P. Coquimbo

Caracterización administrativa del entorno de la propuesta (Punto 3) asociada a la planta de tratamiento primario de Coquimbo.



Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 3.- P.T.P. Coquimbo

CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS NACIONALES PROTEGIDAS Y ELEMENTOS TURÍSTICOS RELEVANTES DEL BORDE COSTERO

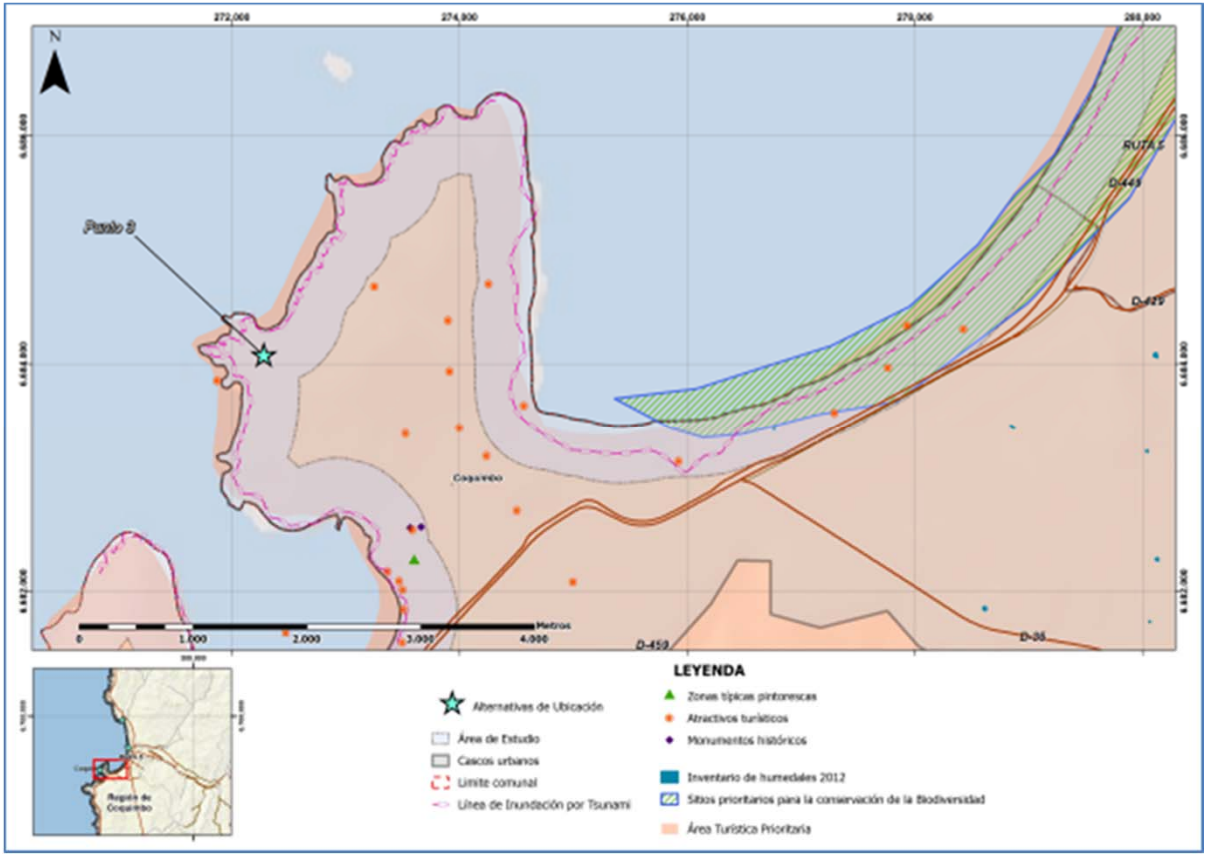
- El punto propuesto se encuentra emplazado en una **zona libre**, fuera de cualquier área protegida.
- El área del punto propuesto queda enmarcado dentro de un **área turística prioritaria.**
- Existen algunos **atractivos turísticos** cercanos al área propuesta, como Faro de Punta Tortuga o Mirador de los Navegantes.
- En el entorno del punto propuesto se encuentra el sector de la pampilla donde se desarrolla anualmente, en el marco de las fiestas patrias, una actividad multitudinaria de carácter recreativo y popular.

Análisis ambiental preliminar

ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN

Punto 3.- P.T.P. Coquimbo

Caracterización de áreas bajo protección del entorno de la propuesta (Punto 3) asociada a la planta de tratamiento primario de Coquimbo.



Análisis ambiental preliminar

RESUMEN DE LA CARGA AMBIENTAL

Tabla 1. Cuadro resumen de la carga ambiental de cada uno de los puntos propuestos para la ubicación de planta desaladora en el borde costero de La Serena - Coquimbo.

	Ubicación	Accesibilidad	Acceso a Energía	Carga Ambiental					
				Planificación Territorial		Áreas Protegidas	Concesiones	Riesgo	Turismo
				PRDU	PRC				
Punto 1 (ETP La Serena)	Buena	Buena	Buena	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Baja
Punto 2 (Punta Teatinos)	Buena	Buena	Buena	Media	Alta	Alta	Media	Baja	Alta
Punto 3 (ETP Coquimbo)	Buena	Media	Buena	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

SEGUNDO Informe

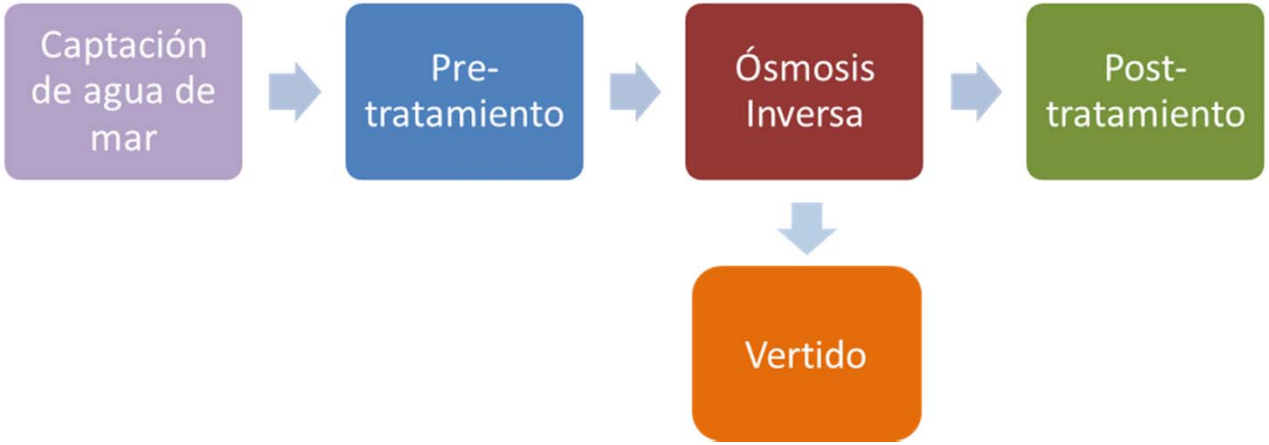
CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.
2. Análisis ambiental preliminar.
3. **Informe técnico de implantación de la planta desaladora.**
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.

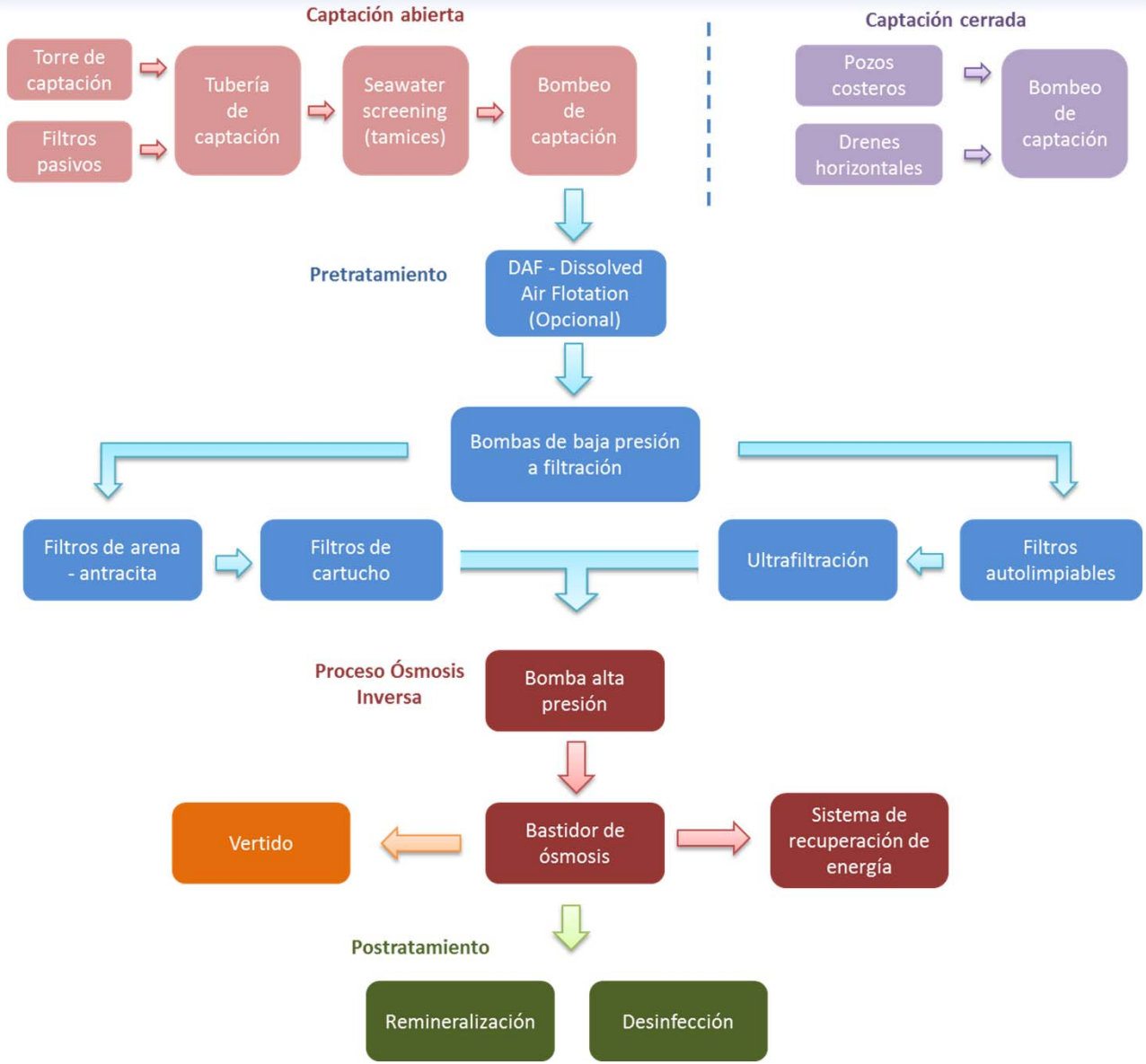
Estudio preliminar planta desaladora

- ✓ La **desalación de agua de mar** por ósmosis inversa como medio para convertir agua de mar en un recurso hídrico utilizable para el consumo humano, procesos industriales y la agricultura, se ha convertido en una **alternativa utilizada en muchas economías del mundo**, donde la escasez de agua es limitante para el desarrollo y el progreso.

- ✓ Una planta desaladora está formada por las siguientes **unidades de proceso**:



Estudio preliminar planta desaladora



Estudio preliminar planta desaladora

Legislación y normativa aplicable

La normativa que regula la calidad del agua potable para consumo humano en Chile es la **Norma Chilena Oficial NCh 409/1.Of.2005.**

Esta norma permite el uso de agua potable con salinidad relativamente alta. La **salinidad máxima** aceptable que se refleja en el valor TDS (sólidos totales disueltos) es de 1.500 mg/L, que es superior al valor TDS de 1.000 mg/L recomendado por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

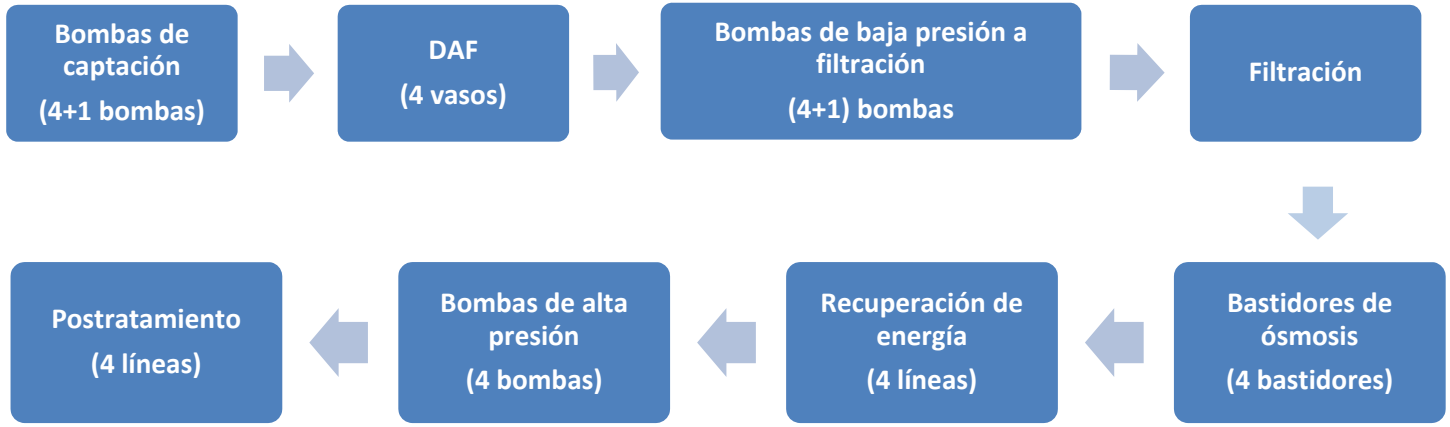
Otro de los factores a estudiar es el contenido en **Boro** del agua potable. Un alto nivel de boro en el agua de consumo puede tener un efecto negativo en humanos. Asimismo, una presencia excesiva de boro en el agua de riego puede causar daños en cosechas y plantas.

Parámetro	Unidad	Norma Chilena NCH409/1. Of.2005	OMS Valor límite para la salud	OMS - Valor aceptabilidad consumo	Características Estudio "La Serena"
pH		6,5-8,5	-	6,5-8	**6,5-8**
TDS	mg/L	<1500	-	<1.000	**<1.000**
Turbiedad	NTU	≤ 2	-	<0,2 – 0,5	**<0,1**
Cloro libre	mg/L	0,2 – 2,0	<5	-	**0,6-2,0**
Boro	mg/L	-	<2,4	-	**<1,0**
Cd	mg/L	<0,01	<0,003	-	**<0,003**
Cr total	mg/L	<0,05	<0,05	-	**<0,05**
F^-	mg/L	<1,5	<1,5	-	**<1,5**
Pb	mg/L	<0,05	<0,01	-	**<0,01**
Zn	mg/L	<3	-	<4	**<3**
Cu	mg/L	<2	<2	<1,0	**<1,0**
Fe	mg/L	<0,3	-	<0,3	**<0,3**
Mn	mg/L	<0,1	<0,4	<0,1	**<0,1**
Ni	mg/L	-	<0,07	-	**<0,07**
Hg	mg/L	<0,001	<0,006	-	**<0,001**
Se	mg/L	<0,01	<0,04	-	**<0,01**
Comp. fenólicos	µg/L	<2	<0,2	-	**<0,2**
Nitratos	mg/L	<50	<50	-	**<50**
Nitritos	mg/L	<3	<3	-	**<3**
Color	TCU	<20	-	<15	**<15**
Olor y sabor		inodora e insípida	-	inodora e insípida	**inodora e insípida**
Cloruros	mg/L Cl	<400	-	<250	**<250**
Sulfato	mg/L SO_4	<500	-	<250	**<250**
Coliformes totales	CFU/100mg	ausente en 100mL	ausente en 100mL	-	**ausente en 100mL**
Amoniaco NH_3	mg/L	<1,5	-	<1,5	**<1,5**
Magnesio	mg/L	<125	-	-	**<125**

Estudio preliminar planta desaladora

Informe trade-off Opción A1: 1000 L/s

- ✓ Para una **mayor flexibilidad** en la operación y mantenimiento de las instalaciones, el proceso de ósmosis se divide en **cuatro líneas de producción de 250 L/s** cada una.
- ✓ Esta configuración **permite ajustar la producción** de agua potable y mantener el rendimiento de los equipos e instalaciones.
- ✓ El resto de instalaciones se diseñan con **cuatro líneas de proceso** que pueden operar de forma independiente o de forma conjunta.



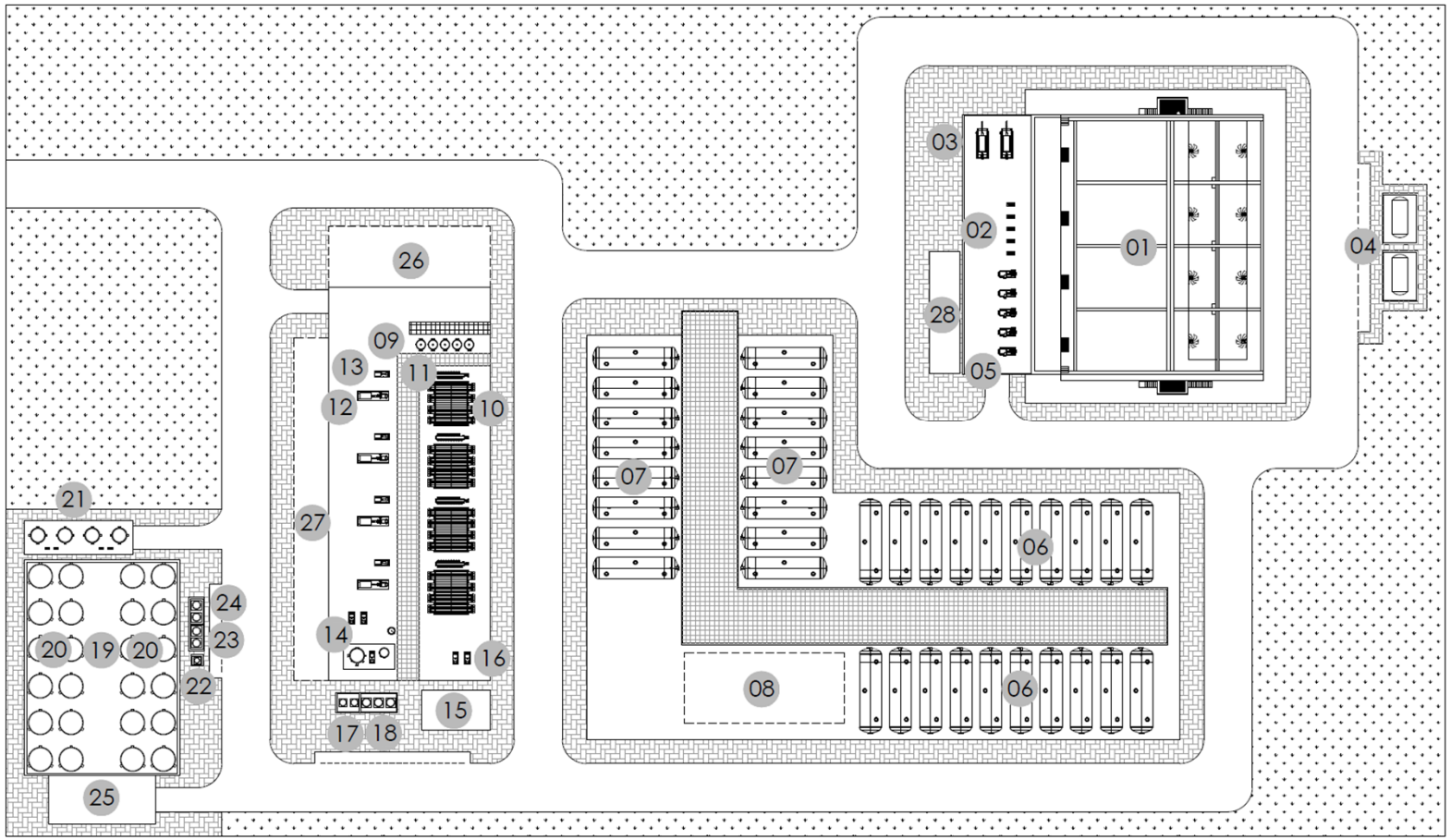
Estudio preliminar planta desaladora

Layout preliminar Opción A1: 1000 L/s

Filtros arena-antracita + filtros de cartucho

140m x 240m

01 - DAF
02 - BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DAF
03 - TRATAMIENTO DE FANGOS DAF
04 - DEPÓSITOS CLORURO FÉRRICO
05 - BOMBAS DE ALIMENTACIÓN FILTROS A PRESIÓN
06 - FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ESTAPA
07 - FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ESTAPA
08 - EDIFICIO DE SOPLANTES
09 - FILTROS DE CARTUCHOS
10 - BASTIDOR DE ÓSMOSIS INVERSA
11 - BASTIDOR ERD
12 - BOMBA ALTA PRESIÓN
13 - BOMBA BOOSTER
14 - LIMPIEZA QUÍMICA ÓSMOSIS INVERSA
15 - DEPÓSITO SALMUERA
16 - BOMBAS LIMPIEZA DE FILTROS A PRESION
17 - DEPÓSITOS ANTIINCRUSTANTE
18 - DEPÓSITO BISULFITO
19 - DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
20 - FILTROS DE DOLOMITA
21 - DEPÓSITOS CO2
22 - DEPÓSITO DE HIDRÓXIDO SÓDICO
23 - DEPÓSITOS DE HIPOCLORITO SÓDICO
24 - DEPÓSITOS DE FLUOROSILICATO SÓDICO
25 - SALA DE BOMBEO AGUA PRODUCTO
26 - EDIFICIO DE CONTROL
27 - EDIFICIO ELECTRICO
28 - CENTRO DE TRANSFORMACIÓN



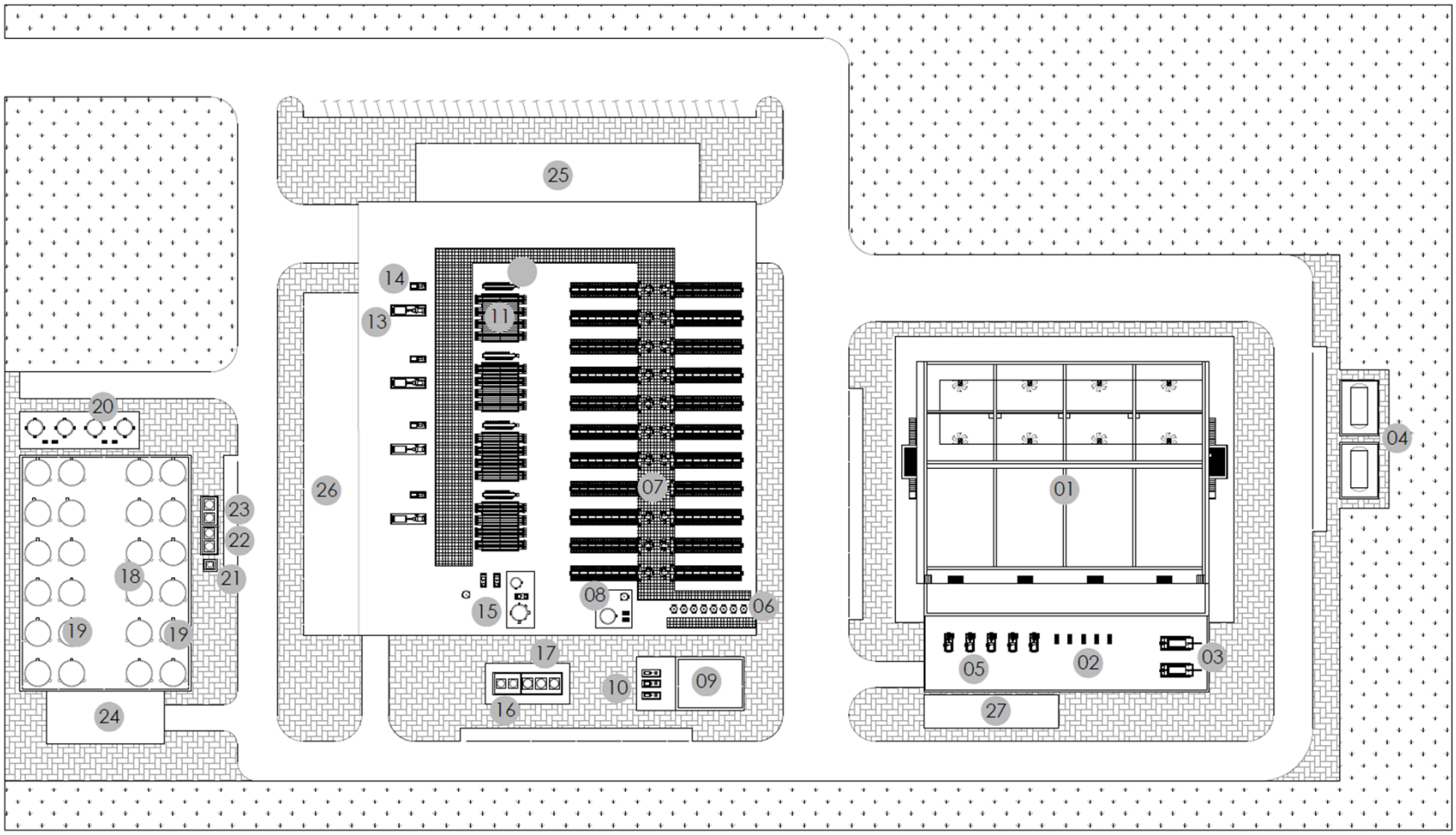
Estudio preliminar planta desaladora

Layout preliminar Opción A1: 1000 L/s

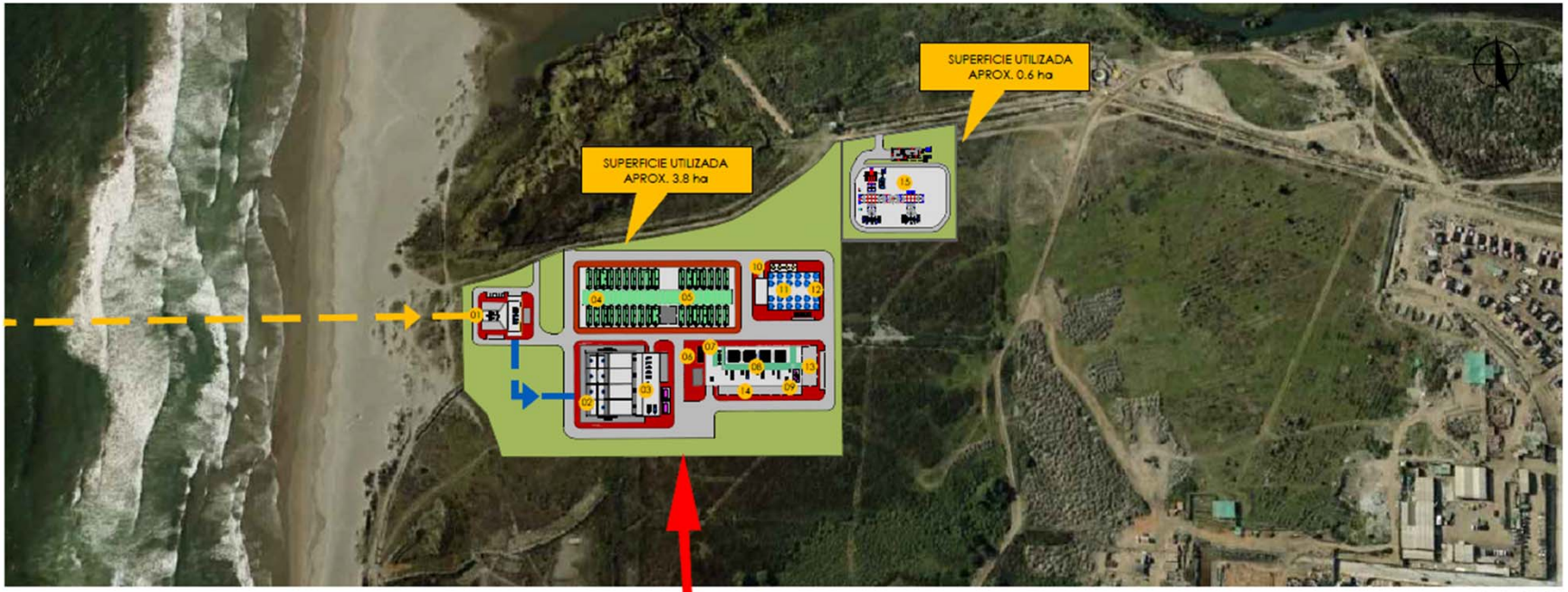
Filtros autolimpiables + Ultrafiltración

120m x 220m

01 - DAF
02 - BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DAF
03 - TRATAMIENTO DE FANGOS DAF
04 - DEPÓSITO CLORURO FÉRRICO
05 - BOMBAS DE ALIMENTACIÓN ULTRAFILTRACIÓN
06 - FILTROS AUTOLIMPIEANTES
07 - ULTRAFILTRACIÓN
08 - LIMPIEZA QUÍMICA ULTRAFILTRACIÓN
09 - DEPÓSITO CONTRALAVADO ULTRAFILTRACIÓN
10 - BOMBAS CONTRALAVADO ULTRAFILTRACIÓN
11 - BASTIDOR DE ÓSMOSIS INVERSA
12 - BASTIDOR ERD
13 - BOMBA ALTA PRESIÓN
14 - BOMBA BOOSTER
15 - LIMPIEZA QUÍMICA ÓSMOSIS INVERSA
16 - DEPÓSITOS ANTIINCRUSTANTE
17 - DEPÓSITOS BISULFITO
18 - DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
19 - FILTROS DE DOLOMITA
20 - DEPÓSITOS CO2
21 - DEPÓSITO DE HIDRÓXIDO SÓDICO
22 - DEPÓSITOS DE HIPOCLORITO SÓDICO
23 - DEPÓSITOS DE FLUOROSILICATO SÓDICO
24 - SALA DE BOMBEO AGUA PRODUCTO
25 - EDIFICIO DE CONTROL
26 - EDIFICIO ELECTRICO
27 - CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

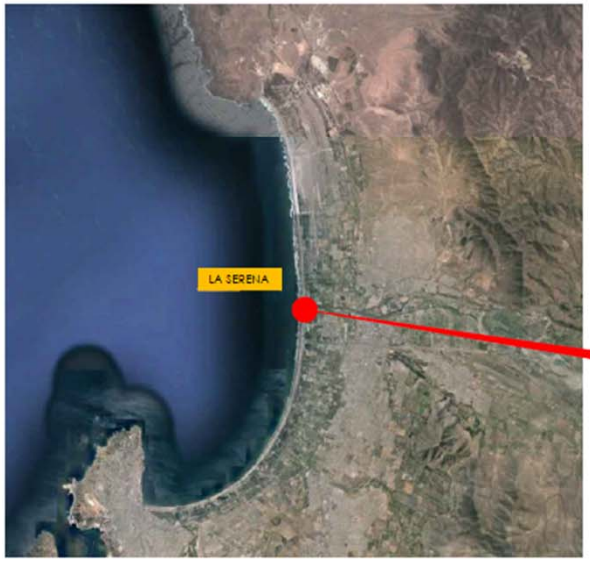


Punto de estudio 1.- Desaladora con filtros cerrados



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500



01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA
05 FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA
06 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
07 FILTROS DE CARTUCHOS
08 ÓSMOSIS INVERSA
09 LIMPIEZA QUÍMICA
10 POST-TRATAMIENTO
11 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
13 EDIFICIO DE CONTROL
14 EDIFICIO ELÉCTRICO
15 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

0 75 150 m

Punto de estudio 1.- Desaladora con filtros cerrados

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

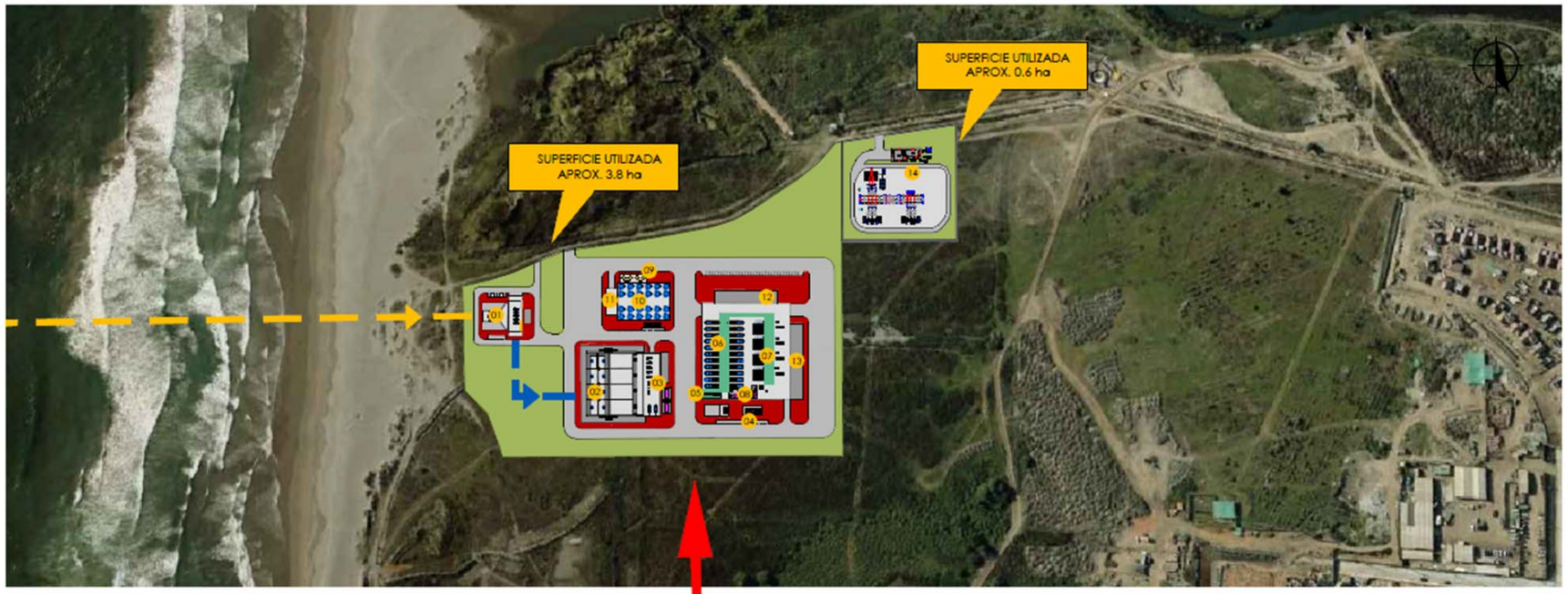
LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

Punto de estudio 1.- Desaladora con ultrafiltración



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
05 FILTROS DE CARTUCHOS
06 ULTRAFILTRACIÓN
07 ÓSMOSIS INVERSA
08 LIMPIEZA QUÍMICA
09 POSTRATAMIENTO
10 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
11 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO DE CONTROL
13 EDIFICIO ELÉCTRICO
14 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

0 75 150 m

Punto de estudio 1.- Desaladora con ultrafiltración

Punto de estudio 2.- Desaladora con filtros cerrados

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL
PLANTA DESALADORA CON FILTRACIÓN A PRESIÓN

Escala: 1/1500

01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA
05 FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA
06 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
07 FILTROS DE CARTUCHOS
08 ÓSMOSIS INVERSA
09 LIMPIEZA QUÍMICA
10 POST-TRATAMIENTO
11 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
13 EDIFICIO DE CONTROL
14 EDIFICIO ELÉCTRICO
15 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

0 75 150 m

Punto de estudio 2.- Desaladora con ultrafiltración

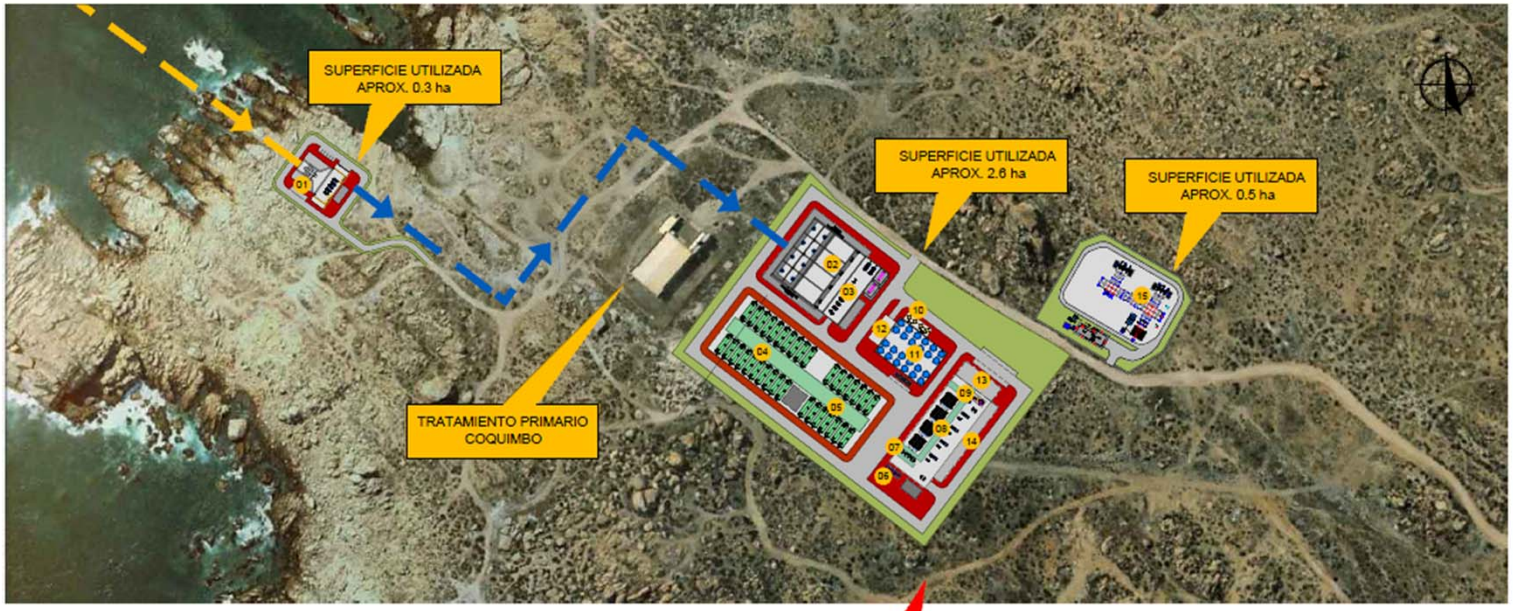
UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
05 FILTROS DE CARTUCHOS
06 ULTRAFILTRACIÓN
07 ÓSMOSIS INVERSA
08 LIMPIEZA QUÍMICA
09 POSTRATAMIENTO
10 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
11 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO DE CONTROL
13 EDIFICIO ELÉCTRICO
14 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

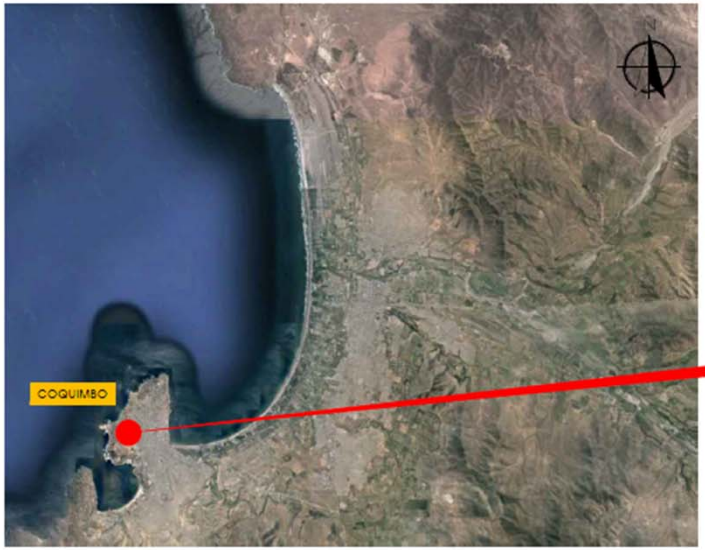
0 75 150 m

Punto de estudio 3.- Desaladora con filtros cerrados



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

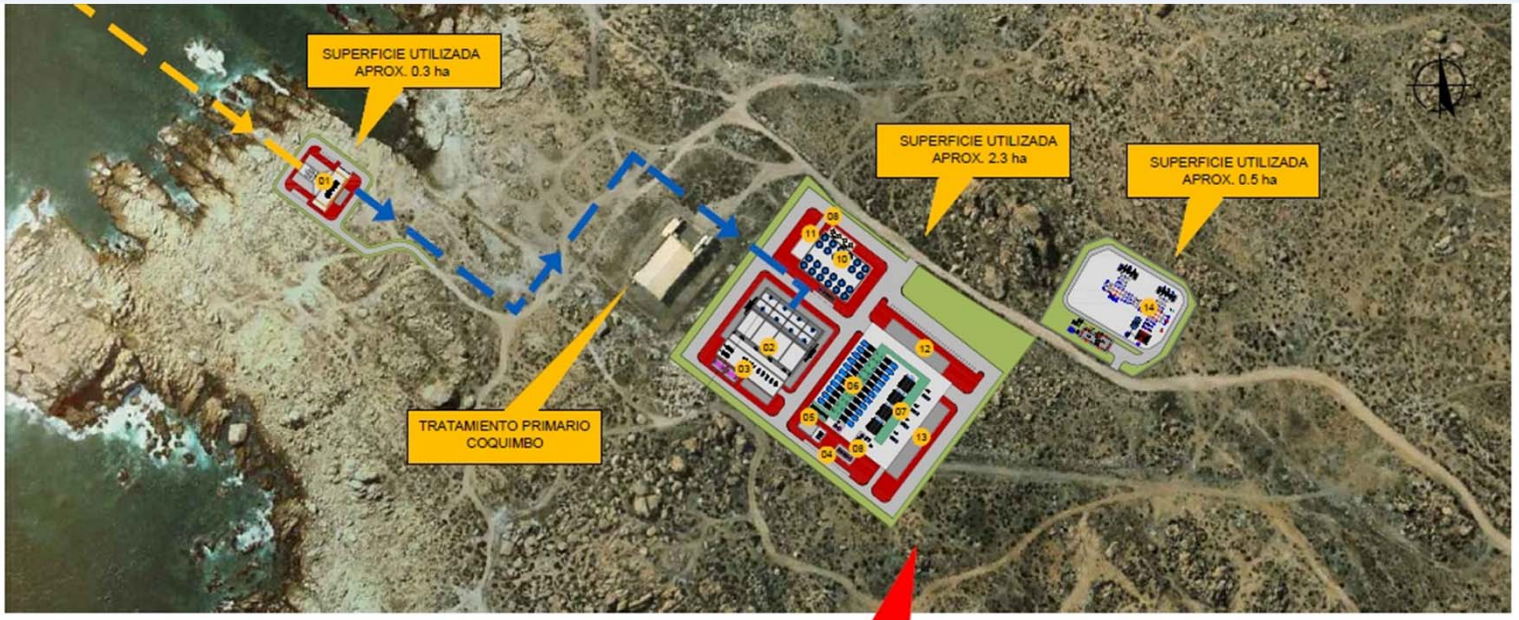
Escala: 1/1500



01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 FILTROS A PRESIÓN PRIMERA ETAPA
05 FILTROS A PRESIÓN SEGUNDA ETAPA
06 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
07 FILTROS DE CARTUCHOS
08 ÓSMOSIS INVERSA
09 LIMPIEZA QUÍMICA
10 POST-TRATAMIENTO
11 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
13 EDIFICIO DE CONTROL
14 EDIFICIO ELÉCTRICO
15 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

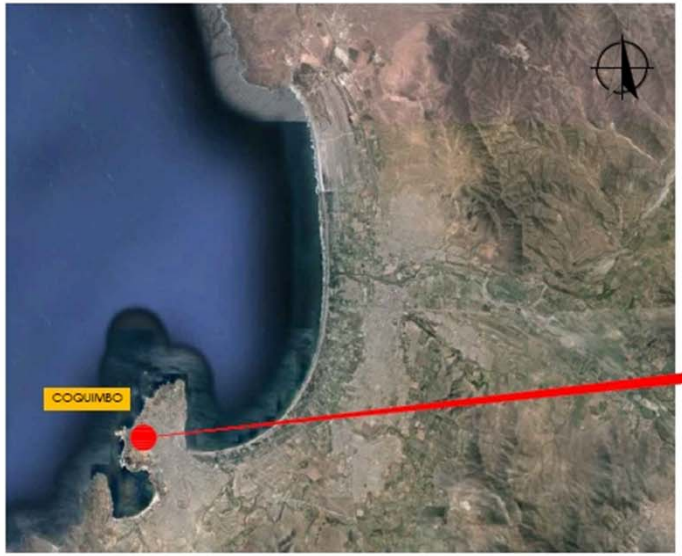
0 75 150 m

Punto de estudio 3.- Desaladora con ultrafiltración



UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500



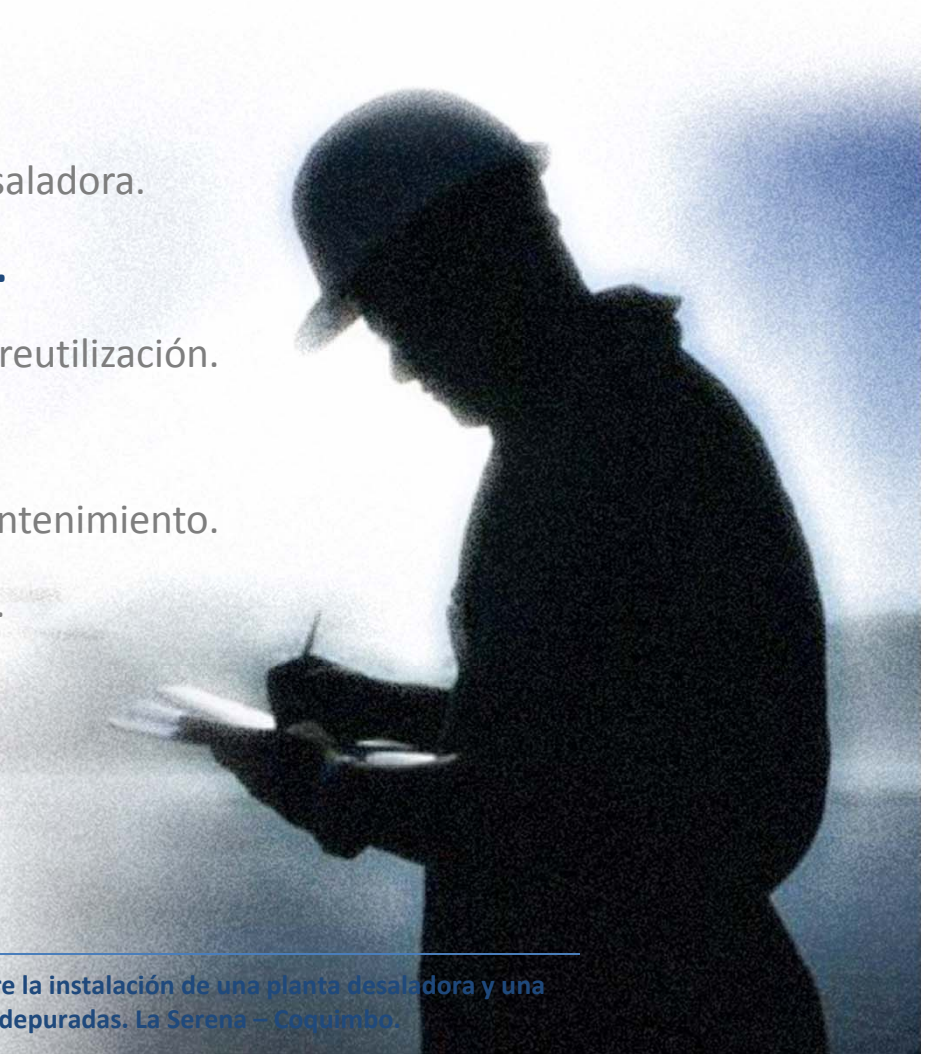
01 EDIFICIO DE CAPTACIÓN
02 DAF
03 EDIFICIO BOMBEO BAJA PRESIÓN
04 DOSIFICACIÓN QUÍMICA
05 FILTROS DE CARTUCHOS
06 ULTRAFILTRACIÓN
07 ÓSMOSIS INVERSA
08 LIMPIEZA QUÍMICA
09 POSTRATAMIENTO
10 DEPÓSITO AGUA PRODUCTO
11 EDIFICIO BOMBEO AGUA PRODUCTO
12 EDIFICIO DE CONTROL
13 EDIFICIO ELÉCTRICO
14 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

0 75 150 m

SEGUNDO Informe

CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.
2. Análisis ambiental preliminar.
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. **Proyecto básico de infraestructura marina.**
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.



Proyecto Básico de Infraestructura Marina

PLANTAS DESALADORAS EXISTENTES

PROYECTO	Longitud de captación	Profundidad toma de captación	Longitud emisario	Profundidad descarga
La Chimba	350m	--	200m	--
Antofagasta Sector Sur	830m	20m	266m	--
Minería Escondida	580m	26m	400m	20m
Minera Candelaria	230m	20m	250m	20m
Mantoverde	330m	20m	600m	--
CAP – Punta Totoralillo	270m	25m	180m	20m
Radomiro Tomic	740m	28m	480m	20m

CAPTACIÓN.-

- La tecnología usada para la captación es **captación abierta con torre de captación**.
- La **profundidad** de la toma de captación varía **entre 20m y 30m**.
- La **longitud** necesaria de la tubería de captación para alcanzar dicha profundidad varía **entre 250m y 850m**.

VERTIDO.-

- La tecnología usada para el emisario de salmuera es **emisario con difusores**.
- La **profundidad** para la descarga de salmuera es de 20m aproximadamente.
- La **longitud** del emisario para alcanzar esta profundidad varía **entre 180m y 600m**.

CAPTACIÓN de agua de mar

SOLUCIÓN TÉCNICA

- El tipo de **captación abierta** que se ha seleccionado es mediante **torre de captación y un inmisario en material HDPE** que une la planta desaladora con la torre de captación.

- No hay que descartar la captación de agua de mar mediante **pozos costeros** con las siguientes **ventajas:**
  - ✓ Proporcionar agua ya filtrada de buena calidad.
  - ✓ Reducir y simplificar la fase de pretratamiento.
  - ✓ Reducción de los costes de operación y mantenimiento.

CAPTACIÓN de agua de mar

LOCALIZACIÓN

Punto 1.- E.T.P. La Serena

Zona de influencia.- Área de Captación Planta Desaladora LA SERENA.

CAPTACIÓN de agua de mar

LOCALIZACIÓN

Punto 3.- E.T.P. Coquimbo

Zona de influencia.- Área de Captación Planta Desaladora COQUIMBO.

CAPTACIÓN de agua de mar

TUBERÍA DE CAPTACIÓN

Criterios de diseño

Como diseño previo se propone una **tubería de captación con un único colector** cuyo dimensionamiento dependerá de la opción elegida:

- **UNA ÚNICA planta desaladora de 1000 L/s** de producción.
- **DOS plantas desaladoras de 500 L/s** de producción.
  Aprovechando los emplazamientos de las actuales Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

CAUDAL Producción (L/s)	CAUDAL Captación (L/s)
500	1.200
1.000	2.400

CAPTACIÓN de agua de mar

TUBERÍA DE CAPTACIÓN
Dimensionamiento

OPCIÓN	Diámetro Tubería (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdidas de carga (m.c.a.)			
			Longitud Tubería de Captación (m)			
			300	500	700	900
UNA Planta Desaladora 1 x 1000 l/s	1400	2,02	1,17	1,59	2,00	2,43
	1600	1,55	0,48	0,69	0,91	1,12
	1800	1,22	0,23	0,35	0,47	0,59
	2000	**0,99**	0,13	0,19	0,26	0,33
DOS Plantas Desaladoras 2 x 500 l/s	1000	1,98	1,65	2,26	2,86	3,46
	1200	1,38	0,50	0,74	0,98	1,22
	1400	**1,01**	0,20	0,31	0,42	0,53
	1600	0,77	0,10	0,15	0,21	0,26

Estudio preliminar de pérdidas de carga para distintos diámetros y longitudes de captación.

CAPTACIÓN de agua de mar

TORRE DE CAPTACIÓN
Tipología y definición

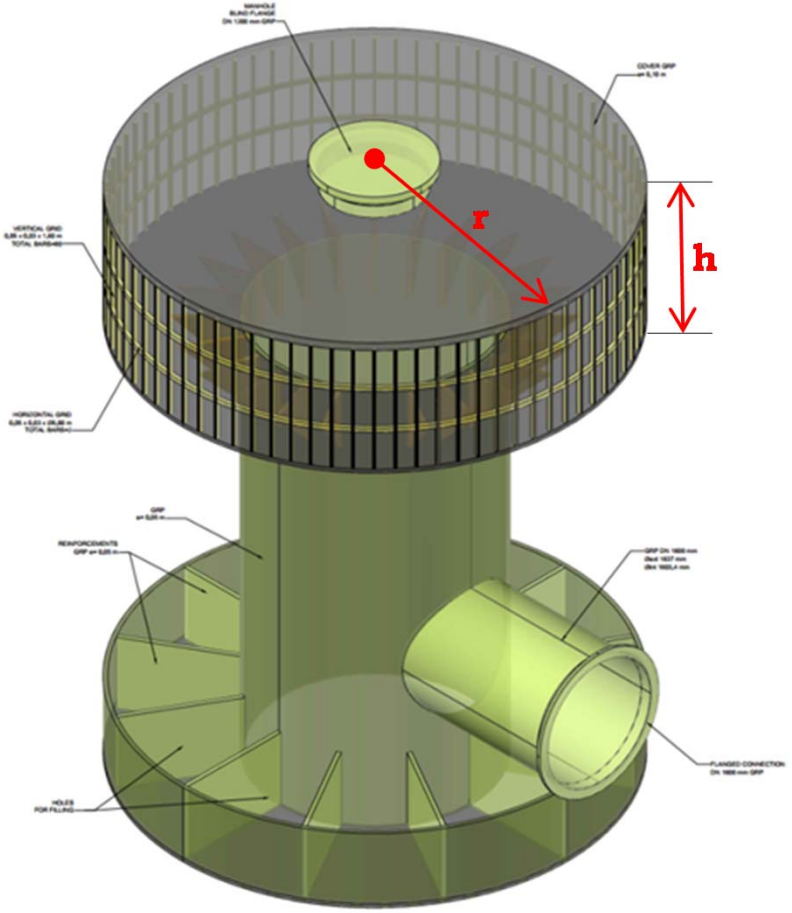
- Es el **primer elemento** de una captación abierta.
- **Minimiza la entrada** de medusas, peces o sólidos grandes.
  - Sistema de inyección de aire a presión que forma una pantalla de burbujas a la entrada de la torre de captación.
- Velocidad de entrada de flujo **similar a las corrientes marinas**.
- Entrada de agua a **velocidades inferiores a 0,15 m/s** para evitar o reducir:
  - El arrastre de sólidos en suspensión.
  - Impacto sobre los organismos marinos.

Agua de aporte: 1.200 L/s

- Agua producto : 500 L/s
- Velocidad de entrada: 0,1 m/s
- Conversión:41,67% (45%RO+pérdidas)

CAPTACIÓN de agua de mar

TORRE DE CAPTACIÓN
Tipología y definición



$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times (2\pi r \times h)$$

$$\frac{Q}{2\pi \times V} = r \times h$$

CAUDAL	RADIO	ALTURA	VELOCIDAD
Q (l/s)	**r (m)**	**h (m)**	**V (m/s)**
	2,0	1,0	0,095
1200	1,5	1,3	0,098
	1,3	1,5	0,098

CAPTACIÓN de agua de mar

FILTROS PASIVOS

Opción alternativa

- Se instalan en la aspiración de la tubería de captación.
- Alternativa cuando la longitud del inmisario es pequeña con pérdidas de carga admisibles.
- **Principales ventajas**:
  - Evitar la instalación de los tamices y rejas de desbaste.
  - Incluso la construcción de la cántara de captación.

Vertido de SALMUERA

NORMATIVA LEGAL

Las aguas vertidas por ambos emisarios al medio marino deben cumplir con las exigencias contenidas en el decreto **D.S. N°90/00**.

“NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES”

Específicamente con los límites establecidos en la **Tabla N° 5** del referido D.S. N°90/00, dada la condición que ambos emisarios submarinos tienen sus descargas **“fuera de la zona de protección litoral” (ZPL).**

Vertido de SALMUERA

LA SERENA.- Emisario submarino existente.

CARACTERÍSTICAS

- Longitud Emisario: 1.710 m.
- Material : Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- **Diámetro: 900 mm**
- Profundidad de la descarga: 19 m aproximadamente.
- Zona Protección Litoral (ZPL): 676 m.
- Difusores:
    - Longitud Difusores: 2 ramales de 40 m c/u.
    - Material: Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
    - Diámetro: 630 mm
    - Número de Toberas (portas): 19 por ramal de difusor
    - Diámetro Toberas: 11,0 cm (interior)

Vertido de SALMUERA

COQUIMBO.- Emisario submarino existente.

CARACTERÍSTICAS

- Longitud Emisario: 880 m.
- Material : Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- **Diámetro: 900 mm**
- Profundidad de la descarga: 87 m aproximadamente.
- Zona Protección Litoral (ZPL): 100 m.
- Difusores:
    - Una rama, colineal al emisario.
    - Número de Toberas (portas): 4
    - Diámetro Toberas: 30,0 cm (interior)

Vertido de SALMUERA

TUBERÍA DE VERTIDO
Criterios de diseño

Para el diseño previo se propone una **tubería de vertido con un único colector** cuyo dimensionamiento dependerá de la opción elegida:

- **UNA ÚNICA planta desaladora de 1000 l/s** de producción.
- **DOS plantas desaladoras de 500 l/s** de producción.
  Aprovechando los emplazamientos de las actuales Plantas de Tratamiento Primario de La Serena y Coquimbo.

CAUDAL Producción (L/s)	CAUDAL Vertido (L/s)
500	**700**
1.000	1.400

Vertido de SALMUERA

TUBERÍA DE VERTIDO
Dimensionamiento

OPCIÓN	Diámetro Tubería (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdidas de carga (m.c.a.)			
			Longitud Tubería de Vertido (m)			
			500	1000	1500	2000
DOS Plantas Desaladoras 2 x 500 l/s	800	1,79	2,32	3,96	5,61	7,25
	900	**1,42**	1,14	2,04	2,95	3,85
	1000	1,15	0,62	1,15	1,69	2,22
	1200	0,80	0,23	0,44	0,66	0,87

Estudio preliminar de pérdidas de carga para distintos diámetros y longitudes de vertido.

Vertido de SALMUERA

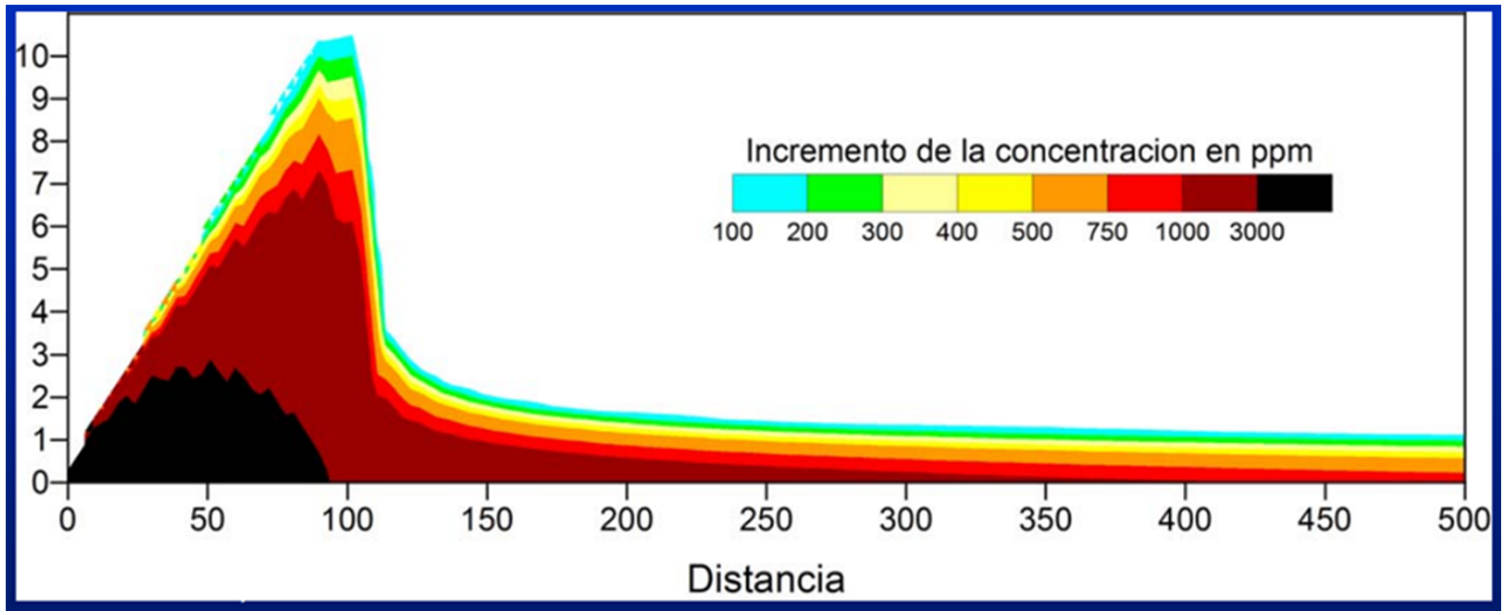
DISPERSIÓN DE LA SALMUERA
Proceso de dilución

- Producción de salmuera → 55% del agua de mar captada.
- Aprox. doble concentración de sales que el agua de mar.
- **Proceso de dilución** al contacto con el medio marino:
  - Cerca del punto de descarga la salinidad aumenta.
  - Según nos alejamos la concentración iguala a la del mar.
- La **zona de dilución** depende de:
  - Las condiciones ambientales del sector de descarga.
  - Características del medio marino.
  - Características de la salmuera.
  - Diseño de la descarga.

Vertido de SALMUERA

DISPERSIÓN DE LA SALMUERA
Proceso de dilución

CORMIX.- Software de cálculo de la dilución de la pluma de salmuera.

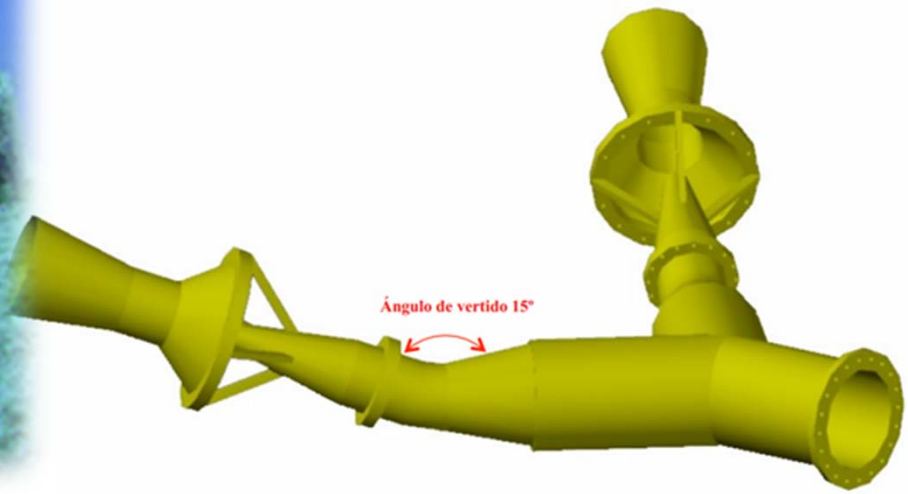


Vertido de SALMUERA

DISPERSIÓN DE LA SALMUERA
Tipología de descarga

Configuración de difusores

Sistema difusor Venturi



SEGUNDO Informe

CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.
2. Análisis ambiental preliminar.
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. **Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.**
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.

Planta de Reutilización de Aguas

LA SERENA.- Planta de Tratamiento Primario.

CARACTERÍSTICAS

- Rejas gruesas automáticas, de paso 2,5 cm (2 unidades en paralelo).
- Desarenadores (2 unidades en paralelo).
- Clasificador de arenas.
- Dispositivo separador y triturador de flotantes (2 unidades en paralelo).
- Rejas finas automáticas de paso 6 mm (2 unidades en paralelo) y compactador de sólidos retenidos.
- Medidor de caudal ultrasónico (medición instantánea y totalizador).
- Generador Eléctrico de emergencia, destinado a alimentar la planta en caso de corte de energía.
- Tratamiento de olores: filtros de olores de carbón activado (2 unidades), cada uno de ellos destinados a purificar áreas encapsuladas donde se emplazan rejas gruesas- desarenadores y rejas finas.

Planta de Reutilización de Aguas

LA SERENA.- Planta de Tratamiento Primario.

VOLÚMENES MENSUALES

EMISARIO LA SERENA – Año 2013	
	VOLUMEN TRATADO (m^3/mes)
ENERO	1.311.945
FEBRERO	1.248.556
MARZO	1.213.547
ABRIL	1.139.201
MAYO	1.196.772
JUNIO	1.124.422
JULIO	1.096.809
AGOSTO	1.120.037
SEPTIEMBRE	1.131.123
OCTUBRE	1.202.191
NOVIEMBRE	1.175.250
DICIEMBRE	982.615
TOTAL 2013	**13.942.468**
Qmed. (l/s)	**442,1**

Fuente.- Aguas del Valle – Informe PR023 / Planillas de operaciones (Registros).

Planta de Reutilización de Aguas

COQUIMBO.- Planta de Tratamiento Primario.

CARACTERÍSTICAS

- Reja gruesa manual, de paso 5,0 cm (1 unidad).
- Módulos compactos de tratamiento físico, marca Huber, modelo Rotamat Ro.5, tamaño BG9 (6 unidades).
    - Retirada del 90% de sólidos sedimentables y arenas > 0,2mm.
    - Retirada de grasas y aceites.
- Medidor de caudal ultrasónico.
- Generador Eléctrico de emergencia, destinado a alimentar la planta en caso de corte de energía.
- Tratamiento de olores con filtro carbón activado destinado a purificar el área encapsulada donde se emplazan los módulos Huber.

Planta de Reutilización de Aguas

COQUIMBO.- Planta de Tratamiento Primario.

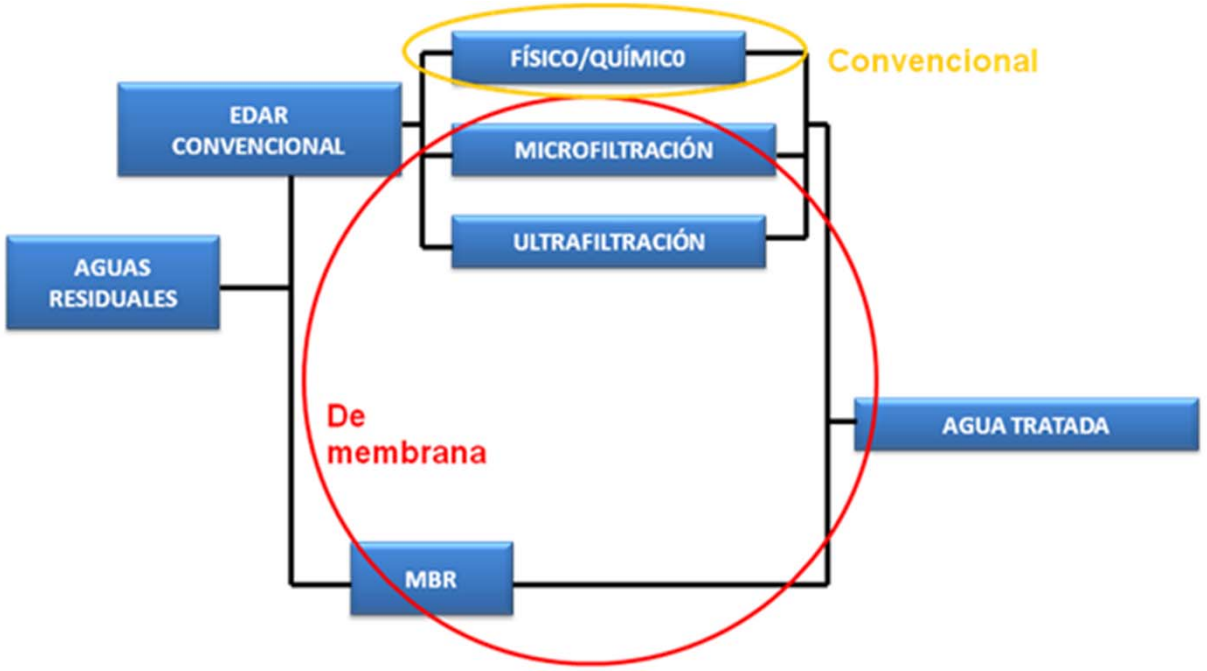
VOLÚMENES MENSUALES

EMISARIO COQUIMBO – Año 2013	
	VOLUMEN TRATADO (m^3/mes)
ENERO	1.023.955
FEBRERO	1.002.352
MARZO	1.060.919
ABRIL	937.820
MAYO	1.005.757
JUNIO	989.886
JULIO	934.502
AGOSTO	1.026.059
SEPTIEMBRE	1.011.165
OCTUBRE	1.052.000
NOVIEMBRE	1.053.699
DICIEMBRE	1.062.111
TOTAL 2013	**12.160.226**
Qmed. (l/s)	**385,6**

Fuente.- Aguas del Valle – Informe PR023 / Planillas de operaciones (Registros).

Estudio preliminar planta de reutilización

Descripción del proceso de reutilización



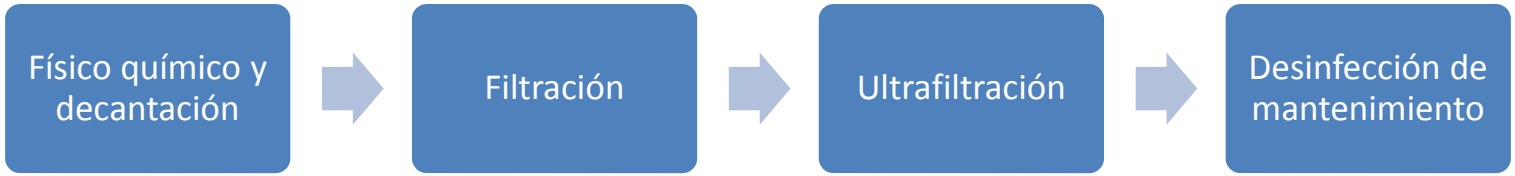
Estudio preliminar planta de reutilización

TIPO 1.-

Se caracteriza por la necesidad de **ausencia de E. coli** en el agua tratada.

USOS:

- Torres de refrigeración y condensadores evaporativos (uso industrial).
- Uso residencial (riego de jardines privados y recarga de cisternas).
- Recarga de acuíferos mediante inyección directa (uso ambiental).



Punto de estudio 1.- Reutilización TIPO 1

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

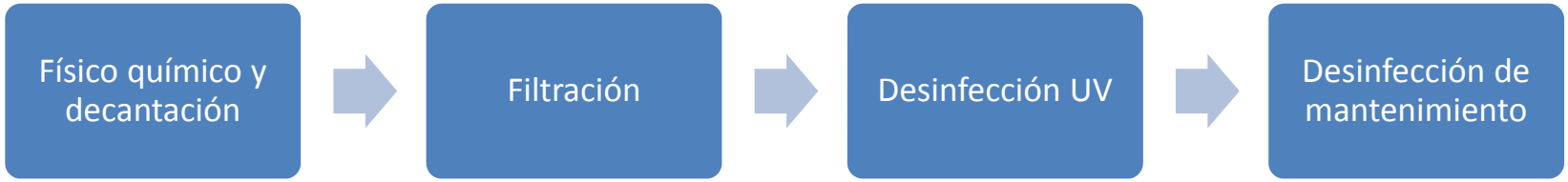
Punto de estudio 3.- Reutilización TIPO 1

Estudio preliminar planta de reutilización

TIPO 2.-

Son usos que requieren valores máximos de **E.coli de ≤ 100UFC/100 ml**.

- Servicios urbanos.
- Riego de cultivos para consumo.
- Aguas de proceso y limpieza en la industria alimentaria.
- Riego de campos de Golf.



Punto de estudio 1.- Reutilización TIPO 2

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500

LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

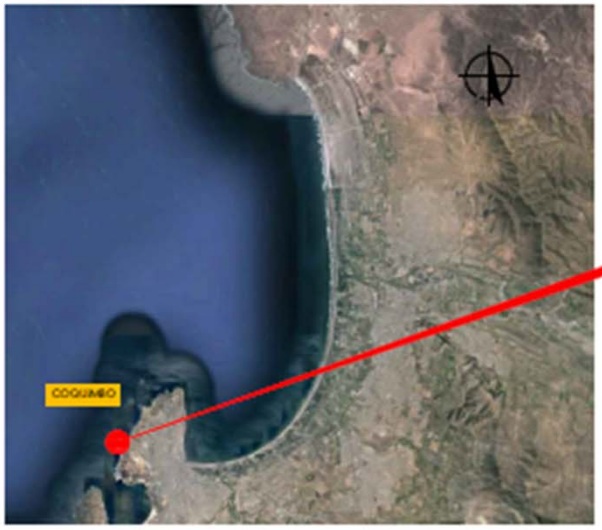
VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

Punto de estudio 3.- Reutilización TIPO 2

UBICACIÓN PORVISIONAL - VISTA GENERAL

Escala: 1/1500



LOCALIZACIÓN REGIÓN

Escala: S/E

VISTA GENERAL LOCALIZACIÓN

Escala: S/E

Estudio preliminar planta de reutilización

TIPO 3.-

Este diseño consigue una calidad de **E.coli ≤ 1000 UFC/100 ml**, es válido para los siguientes usos:

- Cultivos leñosos ornamentales, no alimentarios.
- Aguas de proceso y limpieza y otros usos industriales.
- Estanques, caudales ornamentales con acceso prohibido al público.
- Riego de bosques, zonas verdes no accesibles al público, silvicultura.

Estudio preliminar planta de reutilización

TIPO 4.-

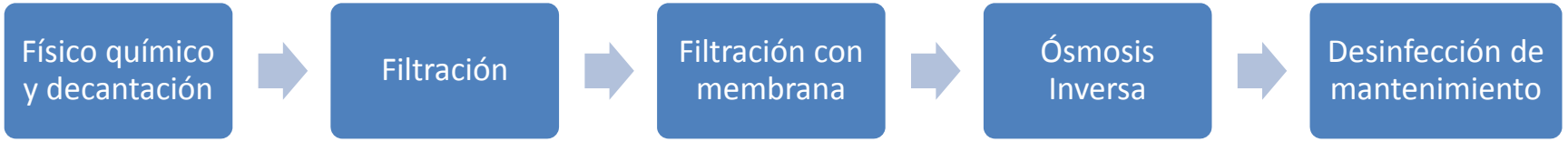
No se deben cumplir límites bacteriológicos, como por ejemplo para el riego de bosques y zonas verdes y de otro tipo sin acceso de público y la silvicultura.

Filtración

Estudio preliminar planta de reutilización

TIPO 5.-

Este tipo de tratamiento es necesario **cuando hay que eliminar sales**. Es válido para todas las calidades exigidas, ya que el efluente es de máxima calidad.



Calidad de agua para riego

- ✓ Norma Chilena Oficial NCh 1333.Of78, modificada en 1987 establece los requisitos de calidad del agua de acuerdo a su uso.
- ✓ Los requisitos del agua para riego se detallan en la "Tabla 1 – Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego".

Parámetro	Unidad	Norma Chilena NCH409/1. Of.2005	OMS Valor límite para la salud	OMS - Valor aceptabilidad consumo	Norma Chilena NCH1333 para Riego	Desalación Estudio "La Serena"
pH		6,5-8,5	-	6,5-8	**5,5 – 9**	6,5-8
TDS	mg/L	<1500	-	<1000	**<1000**	<1000
Turbiedad	NTU	≤ 2	-	<0,1	-	<0,1
Cloro libre	mg/L	0,2 – 2,0	0,6-1,0	-	-	0,6-1,0
Boro	mg/L	-	<0,5	-	**<0,75**	<1,0
Cd	mg/L	<0,01	<0,003	-	**<0,010**	<0,003
Cr total	mg/L	<0,05	<0,05	-	**<0,10**	<0,05
F^-	mg/L	<1,5	<1,5	-	**<1,00**	<1,5
Pb	mg/L	<0,05	<0,01	-	**<5,00**	<0,01
Zn	mg/L	<3	-	<4	**<2,00**	<3
Cu	mg/L	<2	<2	<0,1	**<0,20**	<0,1
Fe	mg/L	<0,3	-	<0,3	**<5,0**	<0,3
Mn	mg/L	<0,1	<0,4	<0,1	**<0,20**	<0,1
Ni	mg/L	-	<0,07	-	**<0,20**	<0,07
Hg	mg/L	<0,001	<0,006	-	**<0,001**	<0,001
Se	mg/L	<0,01	<0,01	-	**<0,020**	<0,01
Compuestos fenólicos	µg/L	<2	<0,1	-	-	<0,1
Nitratos	mg/L	<50	<50	-	-	<50
Nitritos	mg/L	<3	<3	-	-	<3
Color	TCU	<20	-	<15	-	<15
Olor y sabor		inodora e insípida	-	inodora e insípida	-	inodora e insípida
Cloruros	mg/L Cl	<400	<250	-	**<200**	<250
Sulfato	mg/L SO_4	<500	-	<250	**<250**	<250
Coliformes totales	CFU/100mg	ausente en 100mL	ausente en 100mL	-		ausente en 100mL
Amoniaco NH_3	mg/L	<1,5	-	<1,5		<1,5
Magnesio	mg/L	<125	-	-		<125

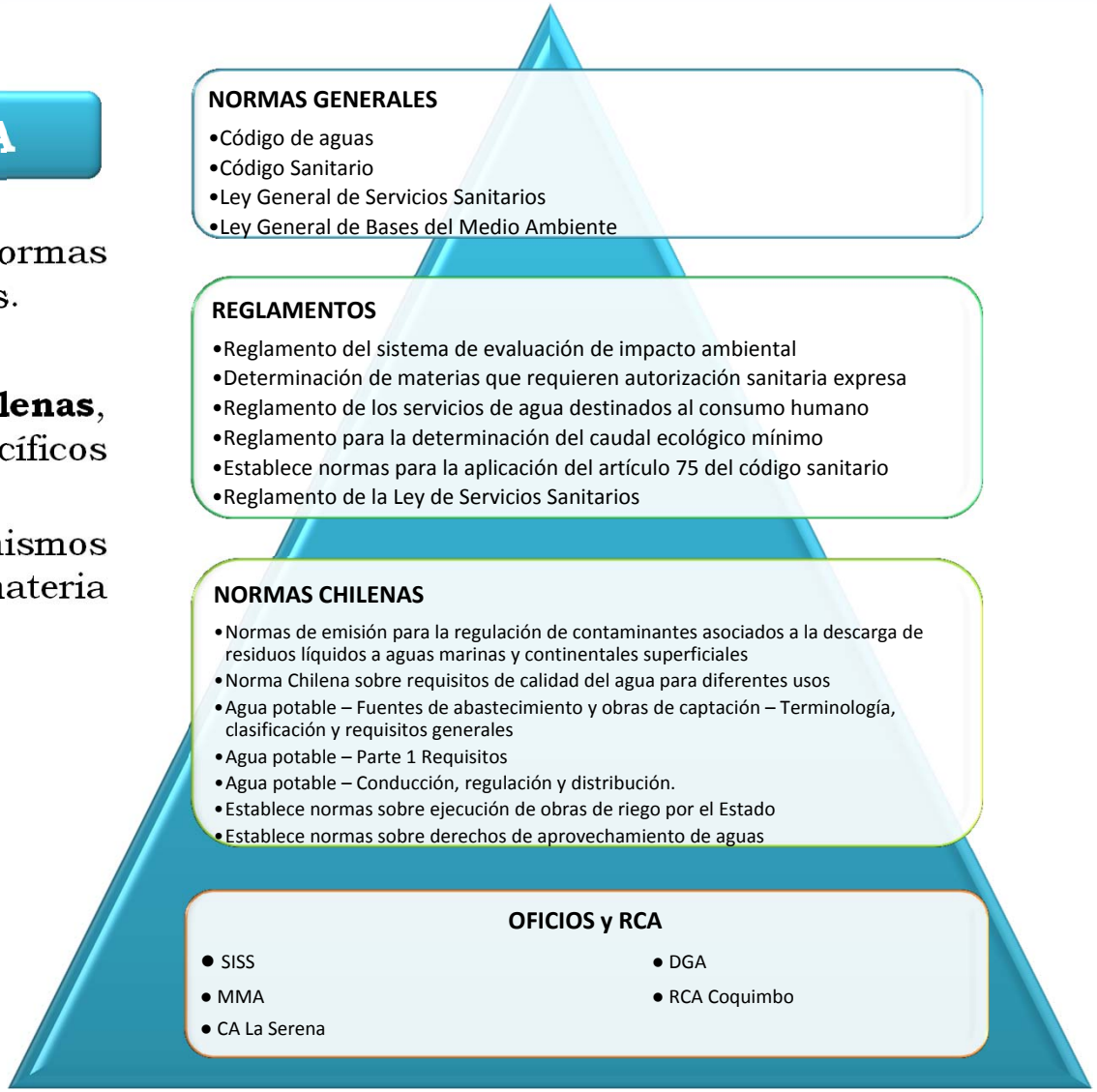
CORPORACION REGION Coquimbo

Marco legal - Reutilización

REVISIÓN NORMATIVA

Revisión de las distintas normas asociadas a la reutilización de aguas.

- **Normas de carácter general.**
- **Reglamentos y las Normas Chilenas**, que definen aspectos más específicos sobre la calidad de las aguas.
- **Oficios** otorgados por los organismos públicos con competencia en materia de aguas.



Marco legal - Reutilización

CONCLUSIONES REVISIÓN NORMATIVA

- **NO EXISTE** una normativa asociada a la reutilización de agua.
- **La normativa** asociada al tratamiento de Aguas Servidas para su reutilización **dependerá del destino** que se defina posterior al estudio.

  - En función de los parámetros establecidos por las RCA de las PTAS de Coquimbo y La Serena (Tabla N°5 D.S. MINSEGPRES N°90/00) y el destino final que se defina para la reutilización, **se determinará el tipo de tratamiento para dar respuesta a la calidad de agua** específica para los diferentes usos, los parámetros en función del uso son determinados por distintas Normas Chilenas.

  - El **Ministerio de Salud** determina aquellas materias que requieren de autorización sanitaria expresa para proyectos:

    – Siendo aquellas obras para la provisión o purificación de agua potable de una población o a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza y residuos industriales o mineros.

    – Uso de aguas servidas en riego agrícola, de acuerdo al grado de tratamiento de depuración o desinfección aprobado por la autoridad sanitaria.

Se requiere solicitar autorización para el desarrollo de la planta.

Marco legal - Reutilización

CONCLUSIONES REVISIÓN NORMATIVA

- ✓ Según el **artículo 75 del código sanitario**:
  - **Se prohíbe el uso** de aguas de alcantarillado, desagües, acequias u otras aguas declaradas contaminadas por la autoridad sanitaria, **para la crianza de moluscos y cultivo de vegetales y frutos que suelen ser consumidos sin cocer y crecen a ras de la tierra.**
  - Esto **podría llegar a afectar la previsión** de que las aguas de alcantarillado, desagües, u otras aguas declaradas contaminadas por la autoridad sanitaria se podrán **usar para el riego** cuando se obtenga autorización del Servicio Nacional de Salud, autorización en la que se determinará el grado de tratamiento, de depuración o de desinfección que sea necesario para cada tipo de cultivo.

- ✓ La calidad de aguas requeridas se determinará en función del uso que se le quiera otorgar, teniendo distintas calidades en función de los diferentes usos (**uso recreativo, riego, bebida animal, agua potable, etc...**), por lo que dependiendo de la aplicación se deberá solicitar autorizaciones tanto sanitarias como ambientales para su disposición.

Marco legal - Reutilización

CONCLUSIONES REVISIÓN NORMATIVA

- ✓ **Ley General de Bases del Medio Ambiente N° 19.300 MINSEGPRES.**

  En el artículo 10 letra o) se indica que deben someterse a Evaluación Ambiental aquellos "Proyectos de saneamiento ambiental como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario (...). Por lo que se requiere el sometimiento del proyecto al SEA para su aprobación favorable.

- ✓ **Artículo 11 de la Ley de Bases Generales de Medio Ambiente.**

  En base a determinados factores el proyecto deberá ingresar al SEA por medio de un Estudio de Impacto Ambiental, el cual podría considerarse como un condicionante dado al mayor alcance requerido para desarrollar el proyecto.

- ✓ **Permisos Ambientales Sectoriales, según artículo 138 de DS 40/2013.**

  Se requerirá la obtención de permiso para la "construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza" el cual es otorgado por el MINSAL.

Marco legal - Reutilización

ANEXO 1: Pronunciamientos de la SISS sobre la reutilización de aguas

Superintendencia de Servicios Sanitarios

Respuesta SAC N° 10186391 – SRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES IBAIBARRIAGA ESCOBAR
Solicitud de información recibida con fecha 02/04/2014:

Solicitud:

"Requiero conocer los pronunciamientos u/o oficios realizados por la SISS sobre la re utilización de las aguas servidas (ptas). Gracias."

Respuesta:

En relación a su consulta podemos informar:
No existen pronunciamientos de la SISS., respecto a la reutilización de las aguas servidas tratadas. Sin embargo en algunas zonas se utiliza en riego, para ello deben cumplir con la calidad que establece la Norma NCh 1.333/78, de Calidad del agua para diferentes usos.

Por orden de la Superintendenta de Servicios Sanitarios
(Según Resolución SISS N° 631/2014)

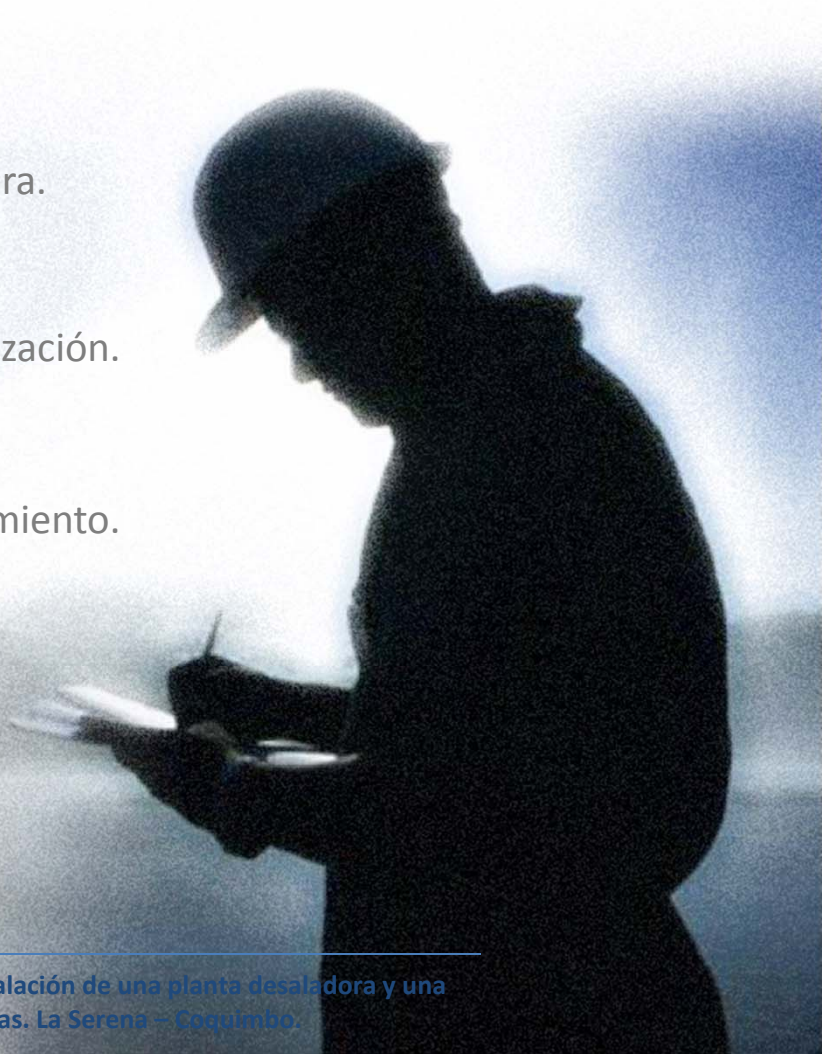
Dora Campos Salamanca
Jefa Área Atención Ciudadana
Superintendencia de Servicios Sanitarios

Santiago, 15 de abril de 2014.

SEGUNDO Informe

CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.
2. Análisis ambiental preliminar.
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. **Análisis del sistema de impulsión de agua.**
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.



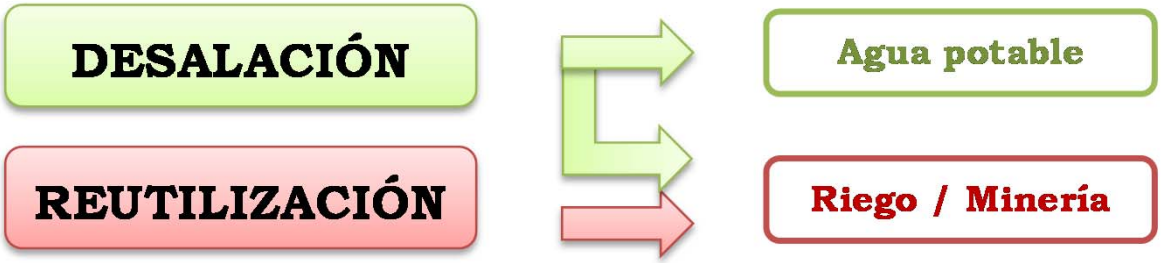
Sistema de IMPULSIÓN de agua

RECURSOS HÍDRICOS ADICIONALES
Usos asociados

AGUA DESALADA → **Destinada a cualquier uso.**

- Agua **sanitaria.**
- **Riego** de cultivos agrícolas.
- Procesos relacionados con la **actividad minera.**
- Uso **industrial.**

AGUA REUTILIZADA → **NO APTA para uso sanitario.**

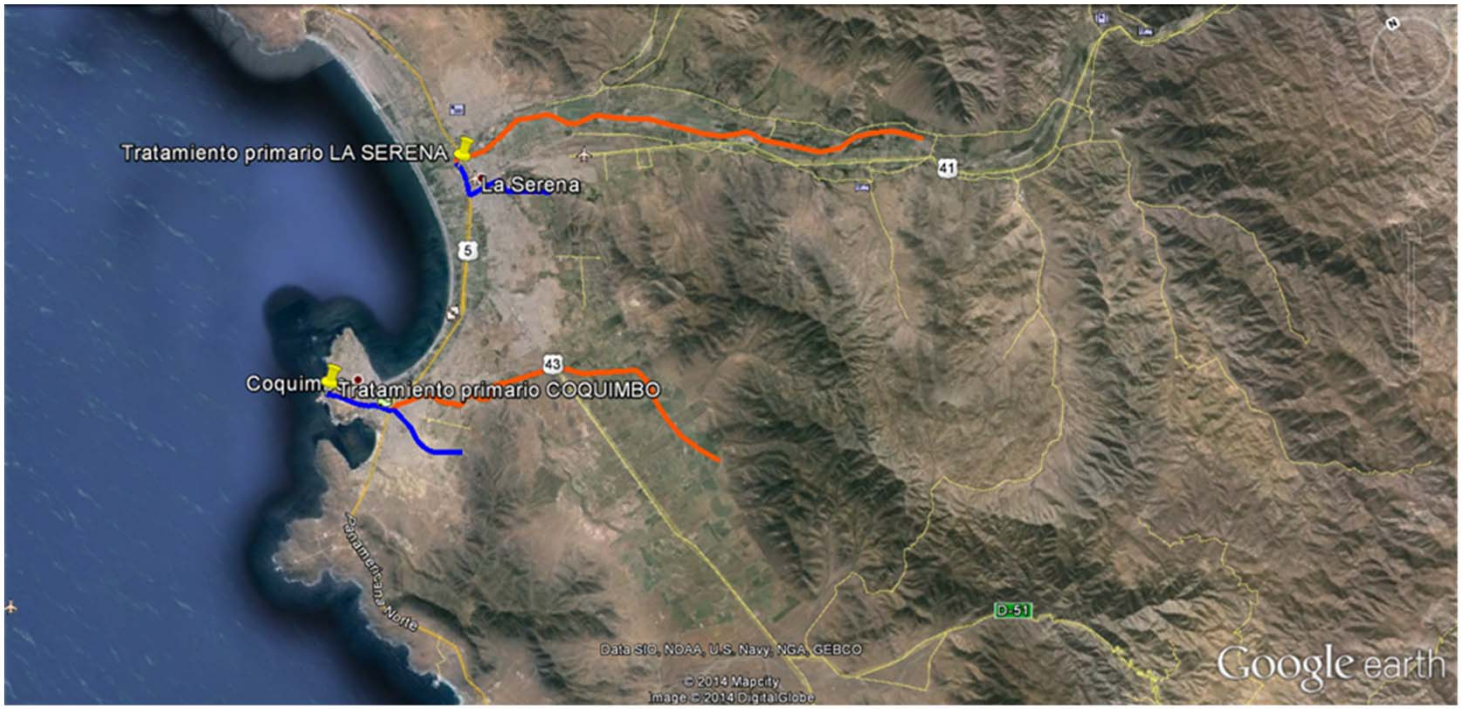


Sistema de IMPULSIÓN de agua

PUNTOS DE ESTUDIO

Los escenarios de impulsión de **agua desalada** y **agua reutilizada** que se exponen a continuación se centran exclusivamente en los puntos de estudio 1 y 3.

- **PUNTO 1.-** Planta de Tratamiento Primario LA SERENA.
- **PUNTO 3.-** Planta de Tratamiento Primario COQUIMBO.

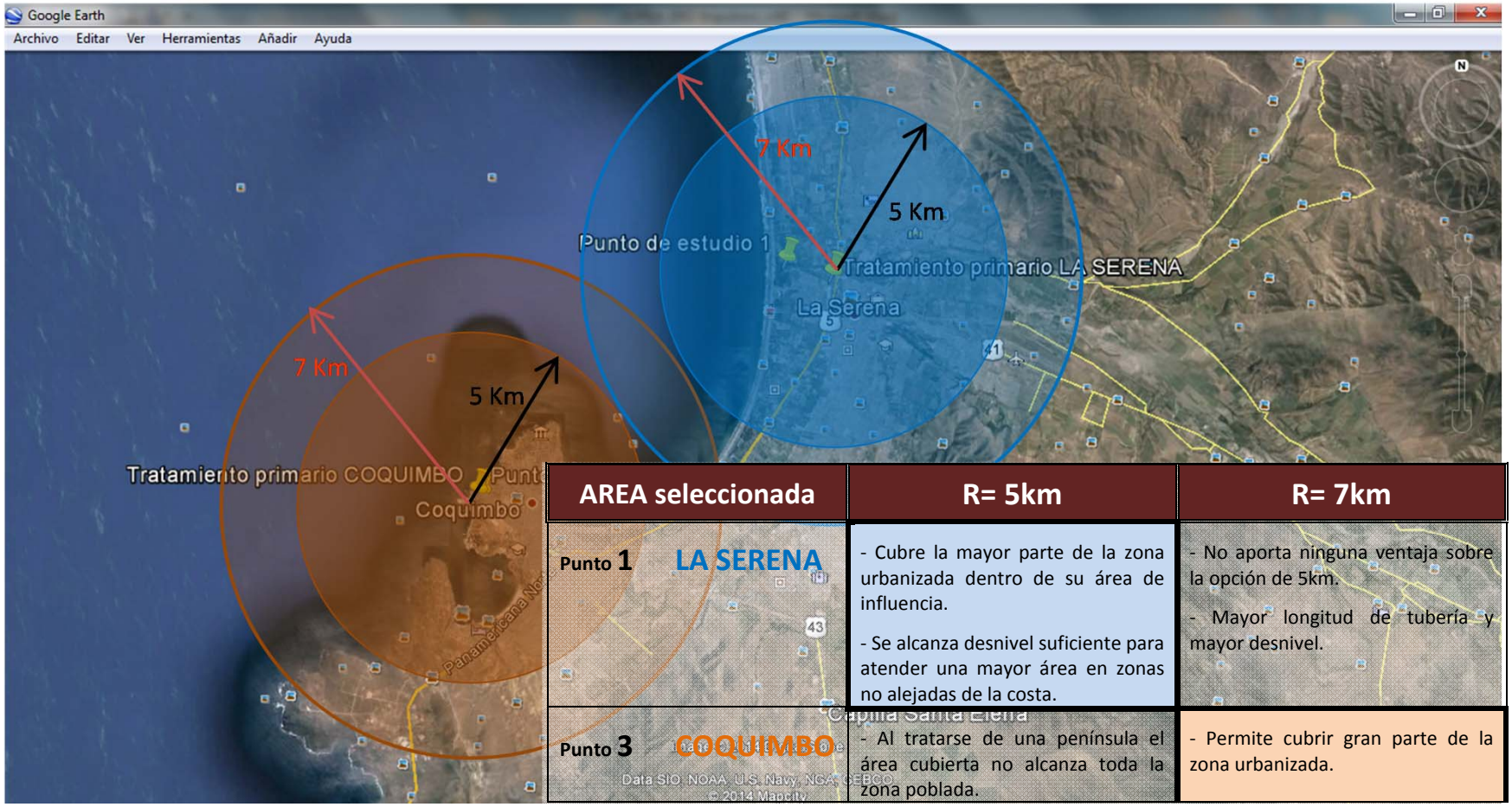


Color azul.- Tubería agua **DESALACIÓN**

Color naranja.- Tubería agua **REUTILIZACIÓN**

Impulsión de agua DESALADA

Tomando como base los emplazamientos seleccionados al lado de las actuales Plantas de Tratamiento Primario, se han indicado las **áreas de influencia** mediante círculos concéntricos de 5km y 7km de radio.



AREA seleccionada	R= 5km	R= 7km
Punto 1 LA SERENA	- Cubre la mayor parte de la zona urbanizada dentro de su área de influencia. - Se alcanza desnivel suficiente para atender una mayor área en zonas no alejadas de la costa.	- No aporta ninguna ventaja sobre la opción de 5km. - Mayor longitud de tubería y mayor desnivel.
Punto 3 COQUIMBO	- Al tratarse de una península el área cubierta no alcanza toda la zona poblada.	- Permite cubrir gran parte de la zona urbanizada.

Impulsión de agua DESALADA

PUNTO 1.- LA SERENA

Datos de desnivel

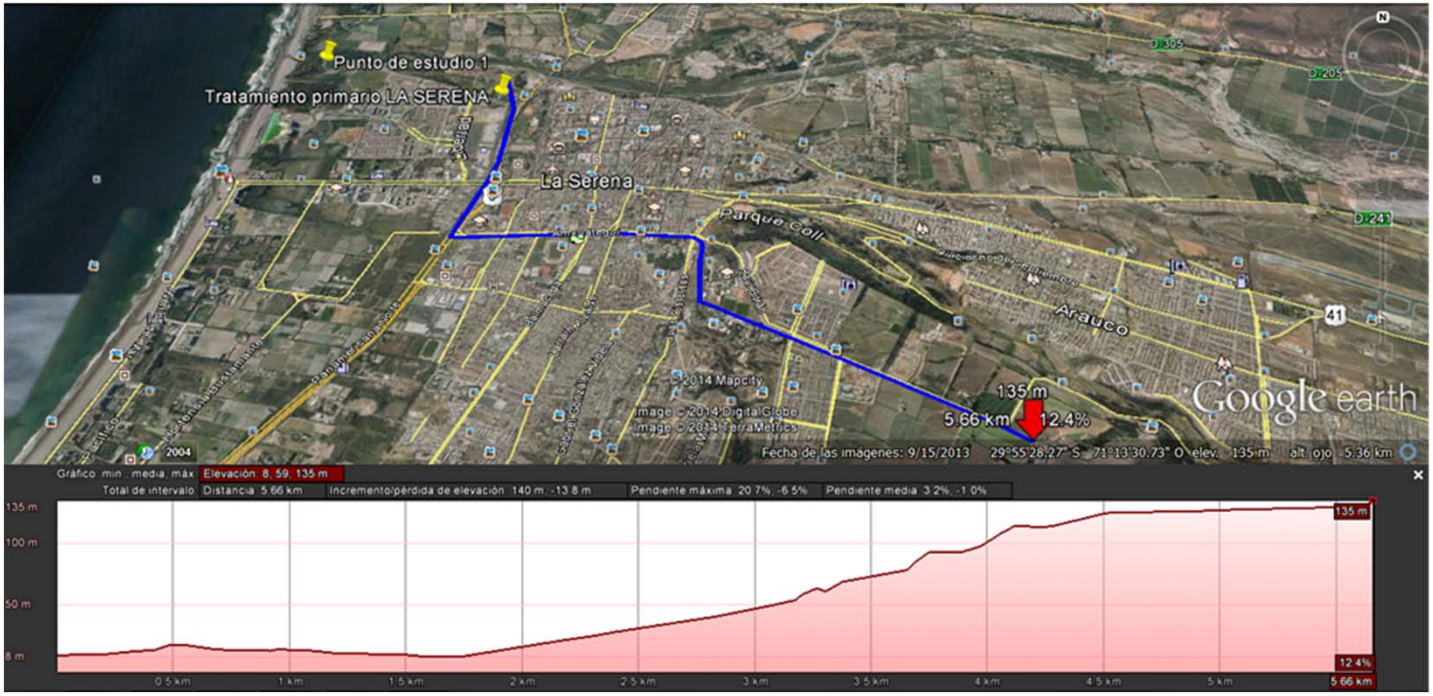
- Se marcan los desniveles respecto a la línea de playa en la periferia del área cubierta por el círculo de 5km de radio.
- En color rojo se ha seleccionado un punto a cota suficiente (135 msnm) para realizar el abastecimiento por gravedad de toda el área sombreada.

Impulsión de agua DESALADA

PUNTO 1.- LA SERENA

Tubería de distribución

- **Emplazamiento de la planta DESALADORA**
  - Distancia a la línea de playa ..... 1.600 m
  - Cota de la parcela ..... 9 msnm
- **Ubicación del DEPÓSITO de distribución**
  - Longitud de la conducción ..... 5.660 m
  - Cota de la parcela ..... 135 msnm



Impulsión de agua DESALADA

PUNTO 1.- LA SERENA

Coste de explotación

HIPÓTESIS DE DIMENSIONAMIENTO

➢ **Caudal de diseño**	→	500 L/s (1.800 m³/h)	
➢ **Velocidad**	→	1,7 m/s	
➢ **Longitud**	→	5.660 m	
➢ **Material**	→	PRFV	PEHD
➢ **Diámetro**	→	Φint600mm	Φext710mm

- Caudal ..... 500 L/s
- Altura geométrica ..... 126 mca (135,0 – 9,0)
- Pérdidas de carga ..... 25 mca

Potencia absorbida ..... 1.003 kWh

- Potencia absorbida ..... 1.003 kWh
- Caudal ..... 500 L/s (1.800 m³/h)

Consumo específico ..... 0,56 kW/m³

- Precio del kW ..... 0,15 USD/kW

Coste energético ..... 0,084 USD/m³

Impulsión de agua DESALADA

PUNTO 3.- COQUIMBO

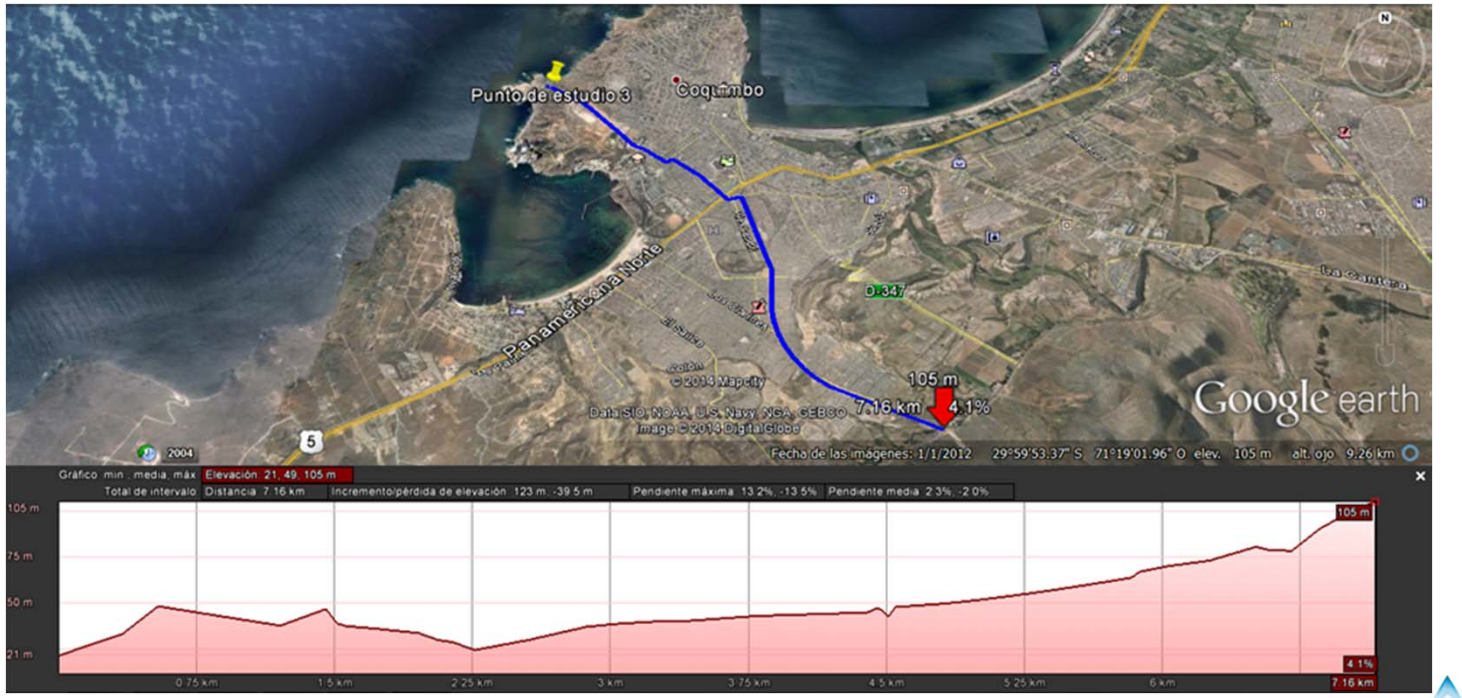
Datos de desnivel

- Se marcan los desniveles respecto a la línea de playa en la periferia del área cubierta por el círculo de 7km de radio.
- En color rojo se ha seleccionado un punto a cota suficiente (105 msnm) para realizar el abastecimiento por gravedad de toda el área sombreada.

Impulsión de agua DESALADA

PUNTO 3.- COQUIMBO
Tubería de distribución

- **Emplazamiento de la planta DESALADORA**
  - Distancia a la línea de playa ..... 200 m
  - Cota de la parcela ..... 15 msnm
- **Ubicación del DEPÓSITO de distribución**
  - Longitud de la conducción ..... 7.160 m
  - Cota de la parcela ..... 105 msnm



Impulsión de agua DESALADA

PUNTO 3.- COQUIMBO

Coste de explotación

HIPÓTESIS DE DIMENSIONAMIENTO

➢ **Caudal de diseño**	→	500 L/s (1.800 m³/h)	
➢ **Velocidad**	→	1,7 m/s	
➢ **Longitud**	→	7.160 m	
➢ **Material**	→	PRFV	PEHD
➢ **Diámetro**	→	Φint600mm	Φext710mm

- Caudal ..... 500 L/s
- Altura geométrica ..... 90 mca (105,0 – 15,0)
- Pérdidas de carga ..... 30 mca

Potencia absorbida ..... 797 kWh

- Potencia absorbida ..... 797 kWh
- Caudal ..... 500 L/s (1.800 m³/h)

Consumo específico ..... 0,44 kW/m³

- Precio del kW ..... 0,15 USD/kW

Coste energético ..... 0,066 USD/m³

Impulsión de agua DESALADA

TABLA RESUMEN

CAUDAL (500 l/s)	1800	m^3/h	Punto 1 LA SERENA	Punto 3 COQUIMBO
Distancia a línea de playa		m	1.600	200
Cota planta desaladora		msnm	9	15
Cota depósito acumulación		msnm	135	105
Altura geométrica+pérdidas		mca	151	120
Longitud de tubería		m	5.660	7.160
Potencia absorbida		kWh	1.003	797
Consumo específico		kW/m^3	0,56	0,44
Coste energético		USD/m^3	0,084	0,066

Impulsión de agua DESALADA

CONCLUSIONES

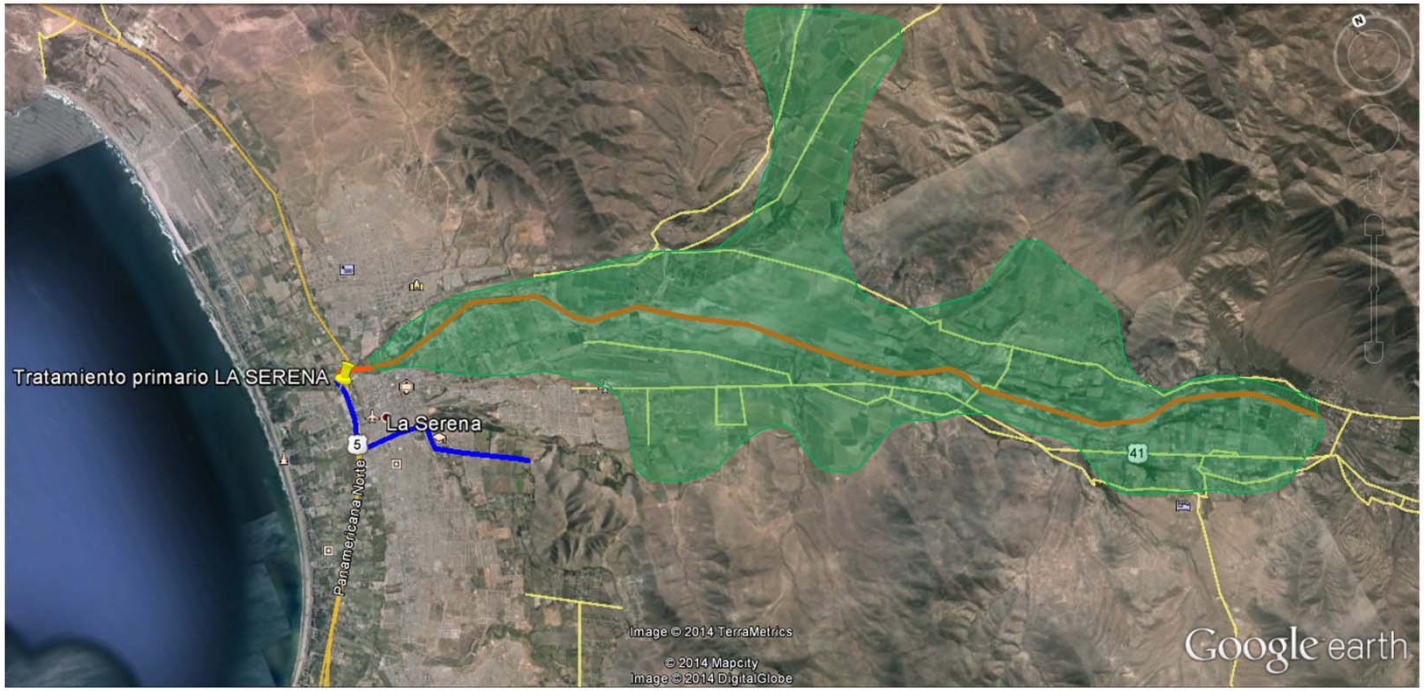
- ✓ La instalación de plantas desaladoras de 500 L/s de producción en los puntos seleccionados aportan **seguridad y flexibilidad** en el sistema de gestión de agua sanitaria.
- ✓ Dos plantas desaladoras más pequeñas, 500 L/s, frente a una instalación única, 1.000 L/s, permiten una mayor **cercanía a los puntos de consumo** con el consiguiente **ahorro en distribución**.
- ✓ El área marcada en el emplazamiento de La Serena establece una cota de impulsión de 135 msnm frente a los 105 msnm del punto seleccionado en la zona de Coquimbo, que se traduce en mayores costes energéticos.
- ✓ Por otra parte, la ubicación de Coquimbo implica una mayor longitud en la tubería de impulsión hasta alcanzar la cota final del depósito de acumulación, a causa de la situación en el extremo de la península.
- ✓ **La hipótesis de cálculo elegida es objeto de optimización mediante el estudio de la infraestructura sanitaria actual que permitiese reducir la longitud y cota de la tubería de impulsión hasta su punto final.**

Impulsión de agua REUTILIZADA

PUNTO 1.- LA SERENA

Zona de influencia

- El desarrollo de la actividad agrícola se presenta principalmente en las áreas próximas a la cuenca del río Elqui (sombreado en color verde).
- El trazado de la tubería de impulsión de agua reutilizada que se ha propuesto, permitiría aportar al sistema 500 l/s al cauce del río para su posterior uso.

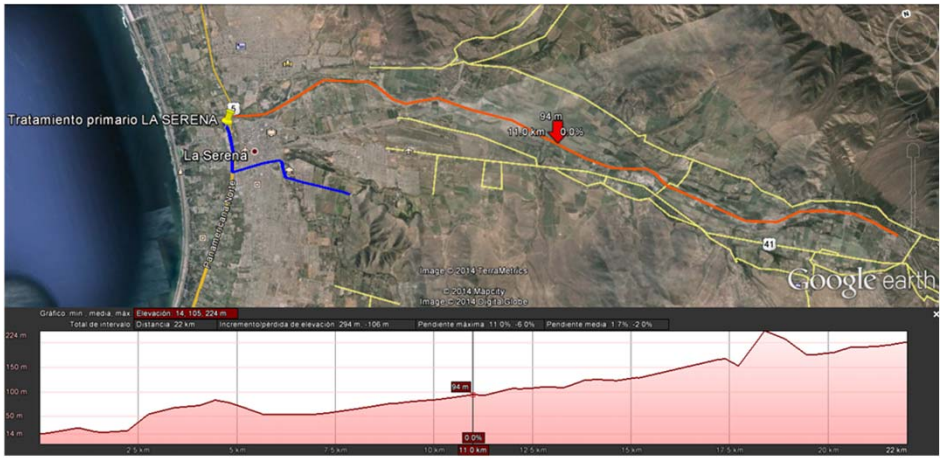


Impulsión de agua REUTILIZADA

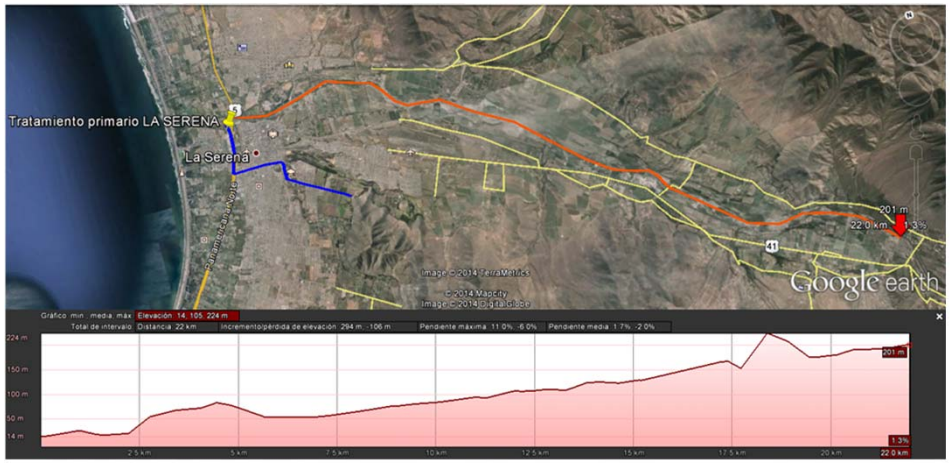
PUNTO 1.- LA SERENA

Tubería de impulsión

- Se representan dos imágenes con el trazado de la tubería de impulsión del agua reutilizada con una longitud total de 22 Km.
- Se han marcado dos puntos, el primero justo a la mitad del trazado y el segundo al final de la conducción.
- En función de las demandas de las zonas agrícolas se podría reducir la longitud de la conducción liberando caudales aguas arriba del cauce del río Elqui.



OPCIÓN 1.- Punto intermedio del trazado



OPCIÓN 2.- Punto final del trazado

Impulsión de agua REUTILIZADA

PUNTO 1.- LA SERENA

Coste de explotación

➢ **Emplazamiento de la planta de REUTILIZACIÓN**

- Distancia a la línea de playa ..... 1.600 m
- Cota de la parcela ..... 9 msnm

➢ **Punto final de la tubería de impulsión**

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
• Longitud de la conducción	11.000 m	22.000 m
• Cota final	94 msnm	201 msnm

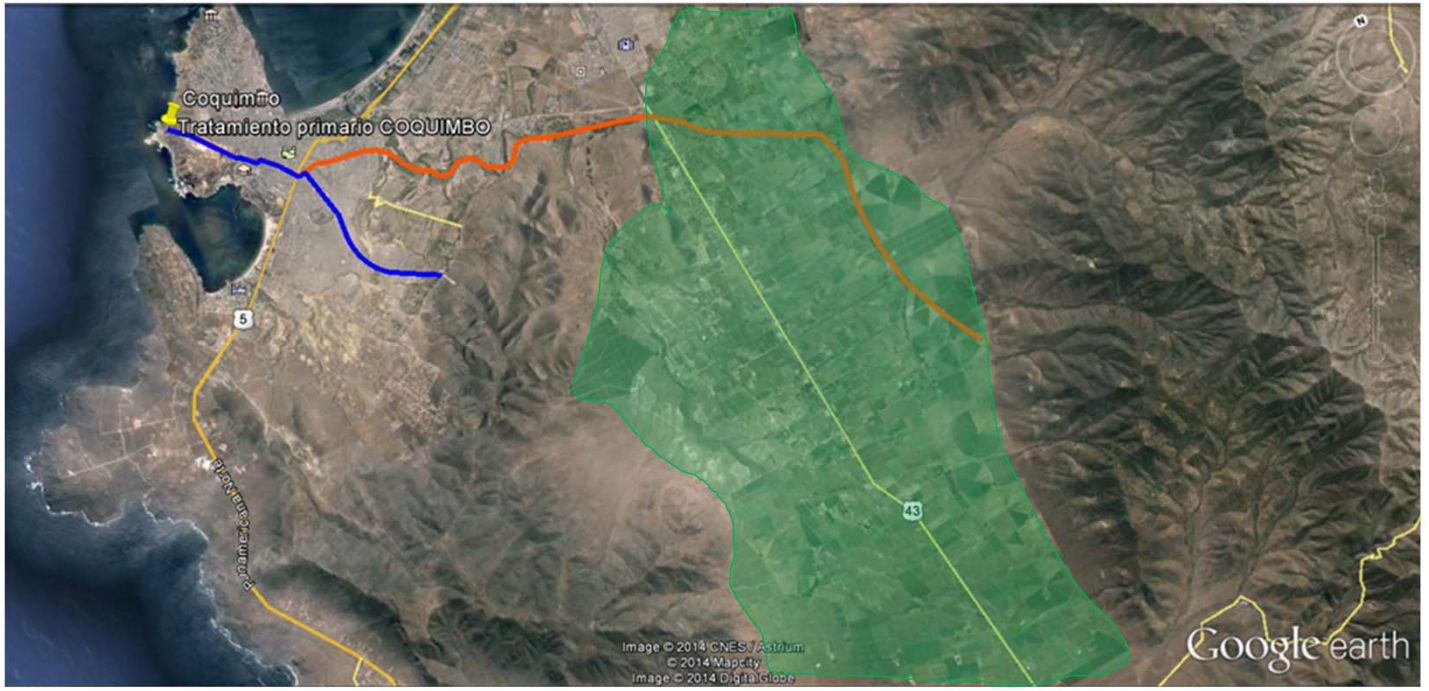
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
• Altura geométrica	85 mca	192 mca
• Longitud de tubería	**11.000 m**	**22.000 m**
• Pérdidas de carga	40 mca	75 mca
Potencia absorbida	**830 kWh**	**1.773 kWh**
• Caudal	500 L/s	500 L/s
• Precio del kW	0,15 USD/kW	0,15 USD/kW
Consumo específico	**0,46 kW/m^3**	**0,99 kW/m^3**
Coste energético	**0,069 USD/m^3**	**0,148 USD/m^3**

Impulsión de agua REUTILIZADA

PUNTO 3.- COQUIMBO

Zona de influencia

- El desarrollo de la actividad agrícola se ha sombreado en color verde.
- El trazado de la tubería de impulsión de agua reutilizada que se ha propuesto, permitiría aportar al sistema 500 l/s.

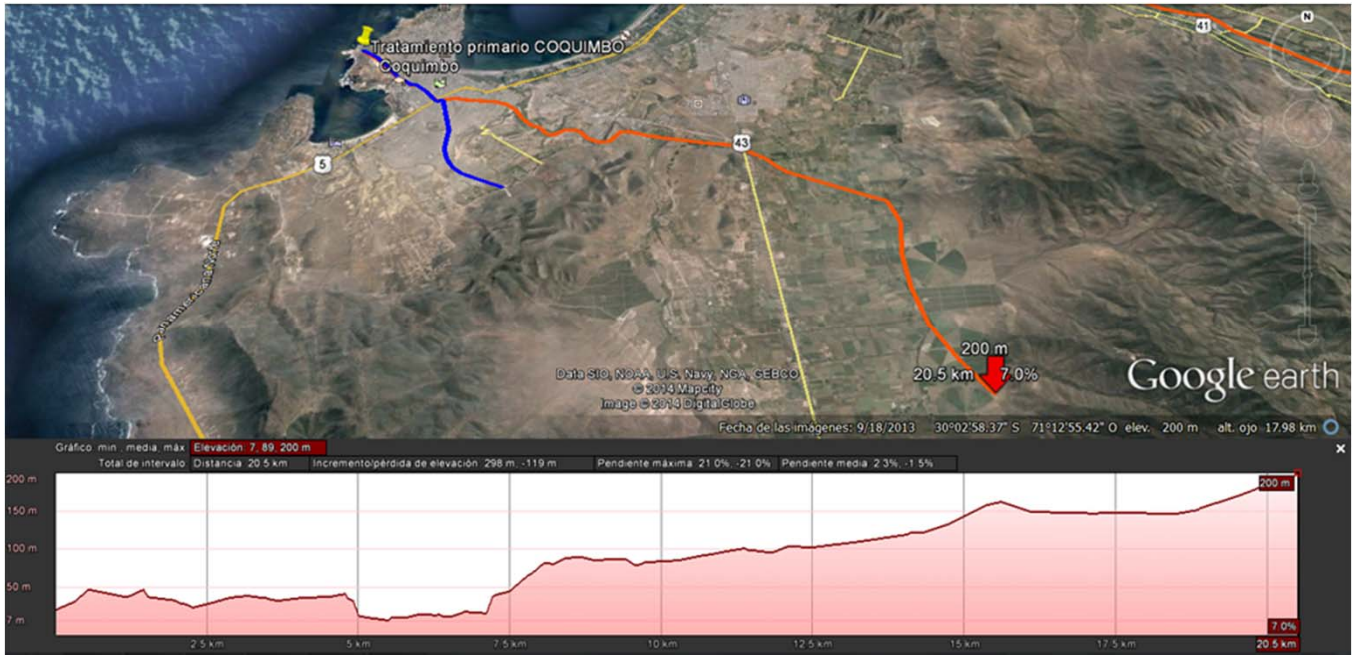


Impulsión de agua REUTILIZADA

PUNTO 3.- COQUIMBO

Tubería de impulsión

- Se representa una imagen con el trazado de la tubería de impulsión del agua reutilizada con una longitud total de 20,5 Km y una cota final de 200 msnm.
- A diferencia del caso anterior donde el río Elqui permitía la regulación del caudal, en este caso, sería conveniente disponer de un embalse de acumulación permitiendo el riego por gravedad de los cultivos agrícolas.



Impulsión de agua REUTILIZADA

PUNTO 3.- COQUIMBO

Coste de explotación

➢ **Emplazamiento de la planta de REUTILIZACIÓN**

- Distancia a la línea de playa ..... 200 m
- Cota de la parcela ..... 15 msnm

➢ **Punto final de la tubería de impulsión**

- Longitud de la conducción ..... 20.500 m
- Cota final ..... 200 msnm

- Altura geométrica ..... 185 mca
- Longitud de tubería ..... 20.500 m
- Pérdidas de carga ..... 70 mca

Potencia absorbida ..... 1.693 kWh

Consumo específico ..... 0,94 kW/m^3

Coste energético ..... 0,141 USD/m^3

Impulsión de agua REUTILIZADA

TABLA RESUMEN

			Punto 1 LA SERENA		Punto 3 COQUIMBO
CAUDAL (500 l/s)	**1.800**	**m^3/h**	**OPCIÓN 1**	**OPCIÓN 2**	
Distancia a línea de playa		m	1.600	1.600	**200**
Cota planta de reutilización		msnm	9	9	**15**
Cota final de la conducción		msnm	94	201	**200**
Altura geométrica+pérdidas		mca	125	267	**255**
Longitud de tubería		m	11.000	22.000	**20.500**
Potencia absorbida		kWh	830	1.773	**1.693**
Consumo específico		kW/m^3	0,46	0,99	**0,94**
Coste energético		USD/m^3	0,069	0,148	**0,141**

Impulsión de agua REUTILIZADA

CONCLUSIONES

- ✓ La instalación de plantas de reutilización de 500 L/s de producción en los puntos seleccionados aportan **seguridad y flexibilidad** en el sistema de gestión de agua para uso agrícola.
- ✓ **Dos plantas de reutilización más pequeñas**, 500 L/s, frente a una instalación única, 1000 L/s, permiten:
  - Aprovechamiento de las **plantas de tratamiento primario existentes**.
  - Reutilización de los **emisarios existentes** para el vertido de salmuera procedente de las posibles plantas desaladoras.
  - Una mayor **cercanía a los puntos de consumo** con el consiguiente **ahorro en distribución**.
- ✓ En el punto 1 de La Serena, se han planteado dos opciones con unos costes energéticos muy diferentes. Todo ello depende, lógicamente, de la longitud del trazado y la cota final de impulsión. La opción 1 es muy interesante si fuera **posible utilizar el río Elqui como canal de distribución** para las zonas de riego ubicadas a menor cota, con la posibilidad de liberar caudales aguas arriba del río Elqui para abastecer los cultivos agrícolas de cotas superiores.
- ✓ El punto 3 en la ubicación de Coquimbo obliga a impulsar el agua reutilizada a una distancia y cota elevadas hasta llegar a las zonas altas de cultivo agrícola.
- ✓ **La hipótesis de cálculo elegida es objeto de optimización mediante el estudio de la infraestructura de la red de distribución agrícola actual y permitiese reducir la longitud y cota de la tubería de impulsión hasta su punto final.**

Sistemas de abastecimiento de agua potable

- **APR - Sistemas de Agua Potable Rural.**
  - Abastecer de agua potable a las localidades rurales.
  - Poseen autonomía.
  - El agua es cobrada por el comité, no por la empresa sanitaria de la región.
- **APU – Sistemas de Agua Potable Urbanos**
  - Las concesionarias son reguladas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
  - Aguas del Valle S.A., Aguas La Serena S.A.
  - Empresa de Servicios Totoralillo (ESSETO S.A.)
  - Empresa de Servicios Sanitarios San Isidro ESSSI S.A.
  - ECONSSA (que adquirió las concesiones de ESSAN).
- **Sistemas Actuales de Almacenamiento de Agua Potable Urbana.**
  - La capacidad total de todos estos estanques es de **94.600 m³**, es decir, tienen una capacidad de almacenar la producción de la planta desaladora durante algo más de **1 día**.
  - **Será necesario aumentar la capacidad de almacenamiento actual de agua potable.**

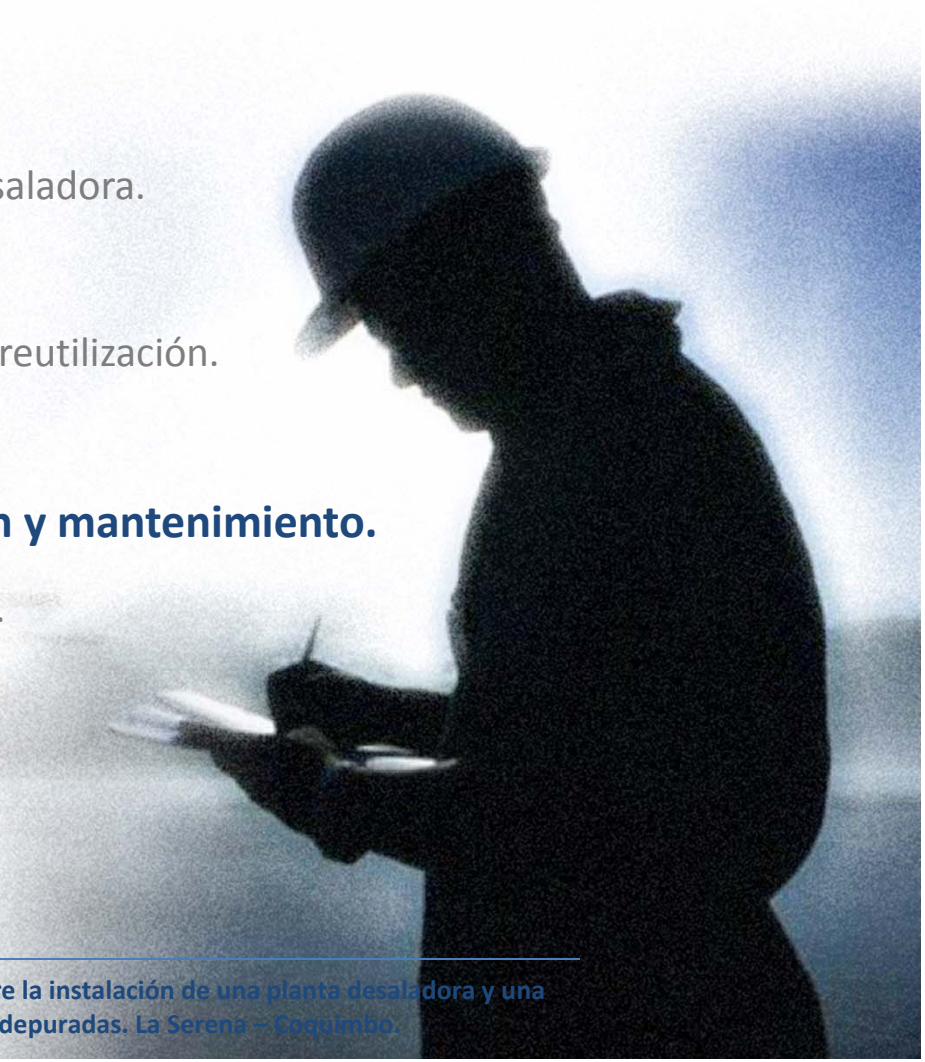
Tabla 7.8 Resumen de Sistemas de Agua Potable Urbana

Localidad	Concesionario	Oferta Fuente Actual 2011		Entrega
		Caudal Explotación L/s	Q derecho de agua L/s	Actual
El Palqui	ESSAN	39	48	2 Estanques V_T = 700 m³
La Serena 7 sectores	ECONSSA S.A.	1839.5	2055,7	10 estanques V_T =17.100 m³
Sistema Coquimbo, La serena (Ampliación)	ESSAN	1674.5	1988.7	25 estanques V_T =38750 m³
Sistema Coquimbo, La serena (Algarrobito)	ESSAN	1724,5	2005,7	25 estanques V_T =38750 m³
Combarbalá	ESSAN	25	55,32	3 estanques V_T =1050 m³
Chañaral Alto	ESSAN	14.05	13.03	3 estanques V_T = 700 m³

SEGUNDO Informe

CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.
2. Análisis ambiental preliminar.
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. **Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.**
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.



CAPEX / OPEX Planta Desaladora

CAPEX

Inversión en bienes de capitales para adquirir un activo

OPEX

Costo de operación de una instalación

Amortización CAPEX + OPEX

OBJETIVOS

- ✓ Asegurar suministro agua potable.
- ✓ No incrementar el coste actual $/m^3 del agua potable.
- ✓ Coste de energía es el mayor coste de operación.
- ✓ Implementar sistemas de recuperación de energía.

Solución económica, fiable y responsable con el medio ambiente

CAPEX Planta Desaladora

	1.000 L/s	500 L/s
Max CAPEX	151.200.000 USD	86.400.000 USD
Min CAPEX	108.000.000 USD	64.800.000 USD
COSTE MEDIO CAPEX	**129.600.000 USD**	**75.600.000 USD**

Variación CAPEX depende principalmente de:

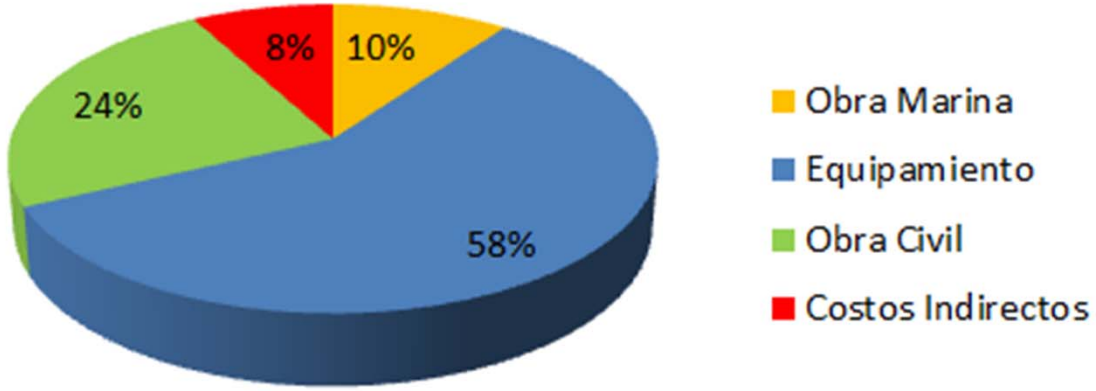
- Alcance de la obra marina.
- Tecnología de pretratamiento y postratamiento utilizadas.
- Diseño del sistema de ósmosis inversa (número de trenes, redundancias,..).
- Posibilidad de utilizar los emisarios existentes en las plantas de tratamiento primario de la Serena y de Coquimbo.
- Complejidad de ejecución de la obra civil asociada (tipología de terreno, desmontes,..)

Planta Desaladora de 500 LPS – Distribución de CAPEX

Costos Construcción Planta (millones USD)

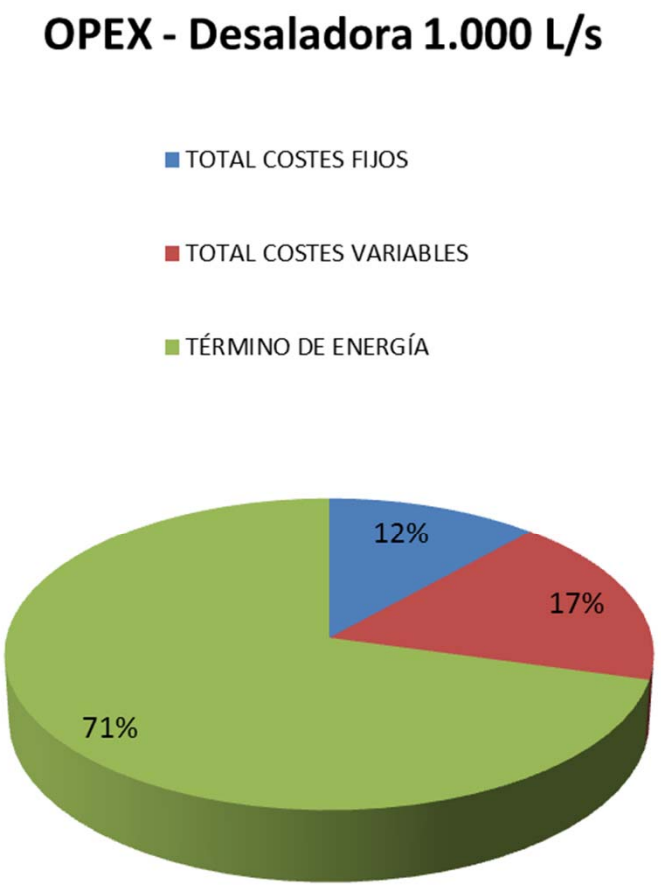
Item	
Obra Marina	7.56
Equipamiento	43.85
Obra Civil	18.14
Costos Indirectos	6.05
Total	75.60

Costos de Construcción en %



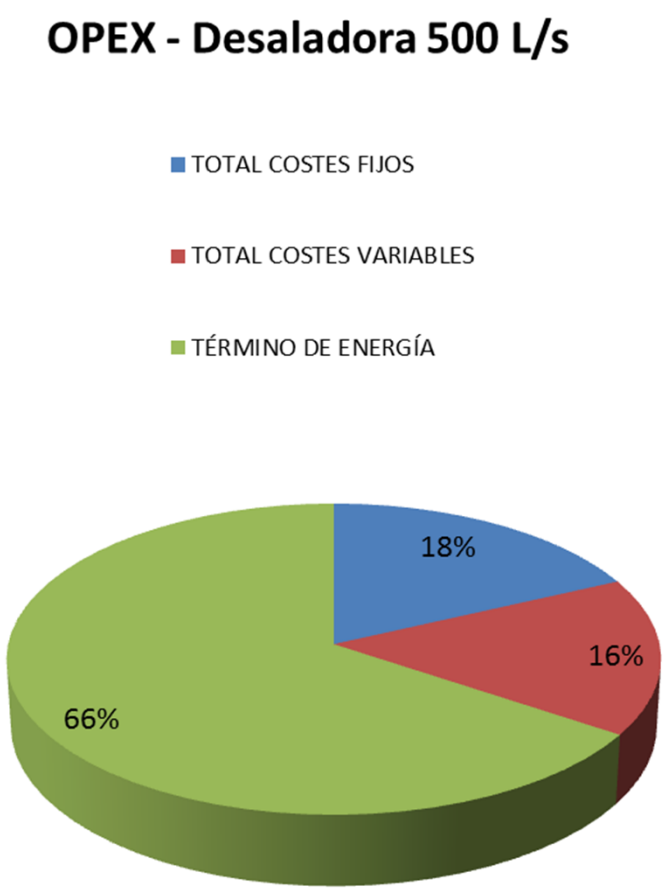
OPEX - Planta Desaladora 1.000 L/s

DESGLOSE OPEX PLANTA DESALADORA 1.000 L/s			
Producción anual	30,00		Hm^3/año
Concepto	Coste anual (USD/año)	Coste específico (USD/m^3)	% Costes
RESUMEN DE COSTES FIJOS			
Personal	957.000	0,0319	4,6%
Análisis en laboratorio	79.000	0,0026	0,4%
Seguros	184.000	0,0061	0,9%
Mantenimiento	592.000	0,0197	2,8%
Plan de vigilancia ambiental	405.000	0,0135	1,9%
Administración	143.000	0,0048	0,7%
Varios	97.000	0,0032	0,5%
TOTAL COSTES FIJOS	**2.457.000**	**0,0819**	**11,7%**
RESUMEN DE COSTES VARIABLES SIN TÉRMINO DE ENERGÍA			
Productos químicos operación	2.252.000	0,0751	10,73%
Productos químicos limpieza	199.000	0,0066	0,9%
Reposiciones	615.000	0,0205	2,9%
Recogida de residuos	15.000	0,0005	0,1%
Mantenimiento correctivo	607.000	0,0202	2,9%
TOTAL COSTES VARIABLES	**3.688.000**	**0,1229**	**17,6%**
COSTE MEDIO DEL TÉRMINO DE ENERGÍA			
Término de Energía	**14.850.000**	**0,4950**	**70,7%**
COSTE TOTAL	**20.995.000 USD**	**0,6998**	**USD/m^3**



OPEX - Planta Desaladora 500 L/s

DESGLOSE OPEX PLANTA DESALADORA 500 L/s			
Producción anual	15,00		Hm^3/año
Concepto	Coste anual (USD/año)	Coste específico (USD/m^3)	% Costes
RESUMEN DE COSTES FIJOS			
Personal	872.000	0,0581	7,7%
Análisis en laboratorio	79.000	0,0053	0,7%
Seguros	129.000	0,0086	1,1%
Mantenimiento	415.000	0,0277	3,7%
Plan de vigilancia ambiental	338.000	0,0225	3,0%
Administración	132.000	0,0088	1,2%
Varios	78.000	0,0052	0,7%
TOTAL COSTES FIJOS	**2.043.000**	**0,1362**	**18,1%**
RESUMEN DE COSTES VARIABLES SIN TÉRMINO DE ENERGÍA			
Productos químicos operación	1.126.000	0,0751	9,95%
Productos químicos limpieza	100.000	0,0067	0,9%
Reposiciones	308.000	0,0205	2,7%
Recogida de residuos	13.000	0,0009	0,1%
Mantenimiento correctivo	303.000	0,0202	2,7%
TOTAL COSTES VARIABLES	**1.850.000**	**0,1233**	**16,3%**
COSTE MEDIO DEL TÉRMINO DE ENERGÍA			
Término de Energía	**7.425.000**	**0,4950**	**65,6%**
COSTE TOTAL	**11.318.000 USD**	**0,7545**	**USD/m^3**



CAPEX / OPEX – Tratamiento Secundario

- ✓ PTP existentes en Coquimbo y La Serena → Tratamientos Primarios.
- ✓ Sería necesario realizar obras de ampliación de estas instalaciones o bien construir plantas de tratamiento secundario.
- ✓ Instalación de planta de tratamiento secundario de aguas servidas de 500 L/s con la línea de fangos incluida.

	Total CAPEX (USD)	OPEX (USD/m³)
Planta de tratamiento secundario 500 L/s	29.000.000 USD	0,21

	Consumo Específico Energía (kW h/m³)	Coste Específico Energía (USD/m³)
Planta de tratamiento secundario 500 L/s	0,400	0,06

CAPEX – Planta Reutilización

Descripción	Planta tipo 1 - Membranas	Planta tipo 2 - Convencional
CAPEX 1.000 L/s	32.800.000 USD	16.900.000 USD
CAPEX 500 L/s	22.700.000 USD	10.800.000 USD
Porcentaje de Obra		
Obras Civiles	21%	60%
Equipos Mecánicos	67%	25%
Electricidad y Control	8%	5%
Otros	4%	10%

OPEX – Planta Reutilización

TIPO 1.- Ausencia de E.coli

TIPO 2.- E.coli ≤ 100 UFC/100 ml

	OPEX (USD/m³ tratado, sin impuestos)
Planta 500-1000 L/s tipo 1 (membranas)	0.18
Planta 500-1000 L/s tipo 2 (convencional)	0.11

	Consumo Específico Energía (kW h/m³)	Coste Específico Energía (USD/m³)
Planta 500-1000 L/s tipo 1 (membranas)	0,100	0,015
Planta 500-1000 L/s tipo 2 (convencional)	0,095	0,014

CAPEX/OPEX Planta Reutilización

TRATAMIENTO PRIMARIO

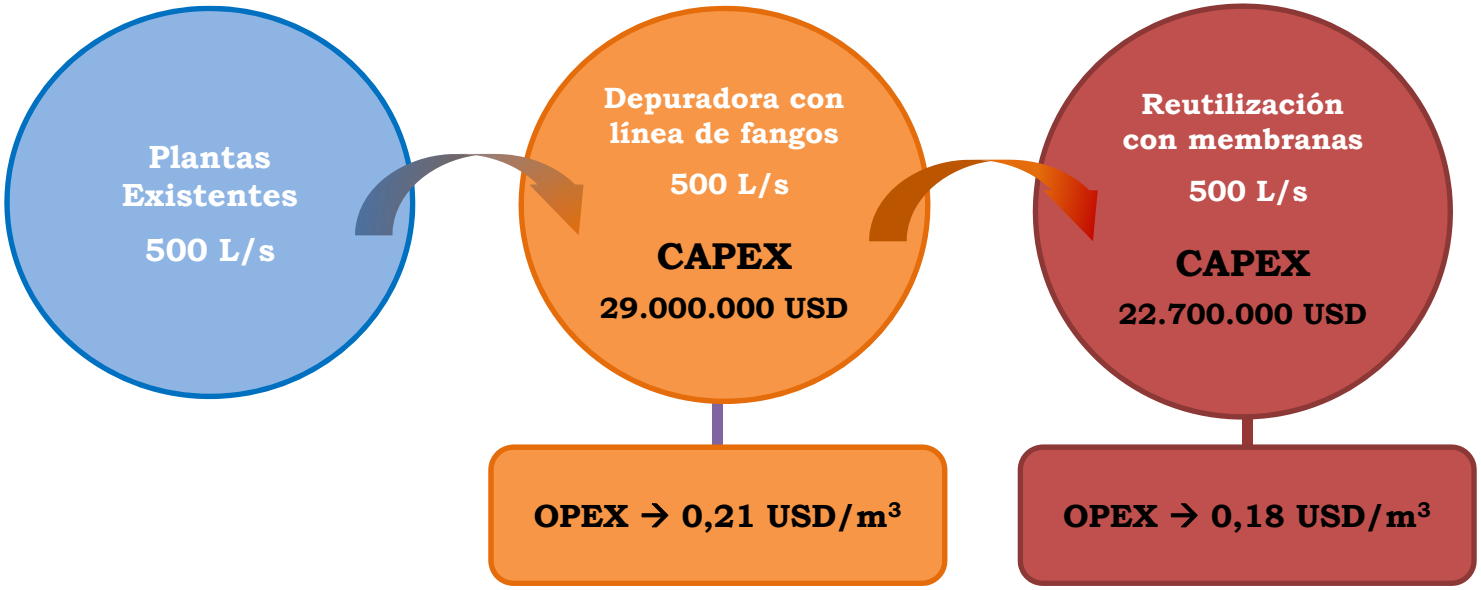
- Desbaste
- Desarenado
- Desengrasado

TRATAMIENTO SECUNDARIO

- Biológico
- Línea de fangos

TRATAMIENTO TERCIARIO

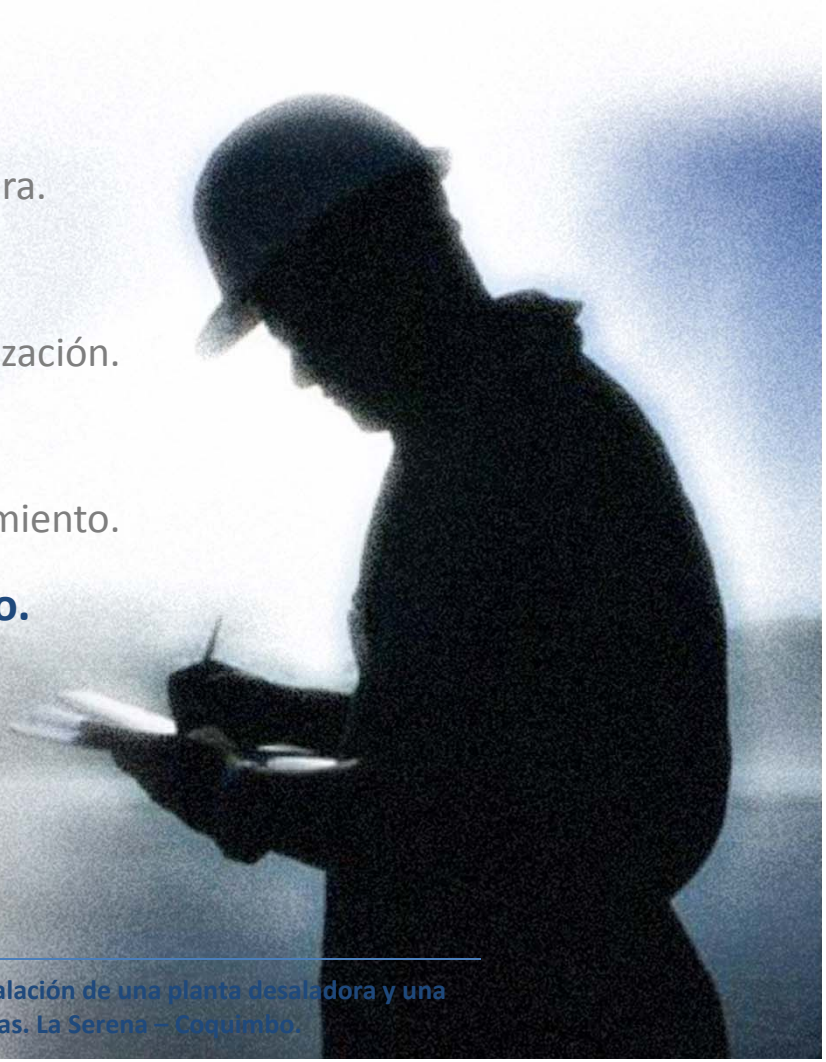
- Reutilización



SEGUNDO Informe

CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.
2. Análisis ambiental preliminar.
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. **Estudio del modelo de financiación del proyecto.**
9. Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.



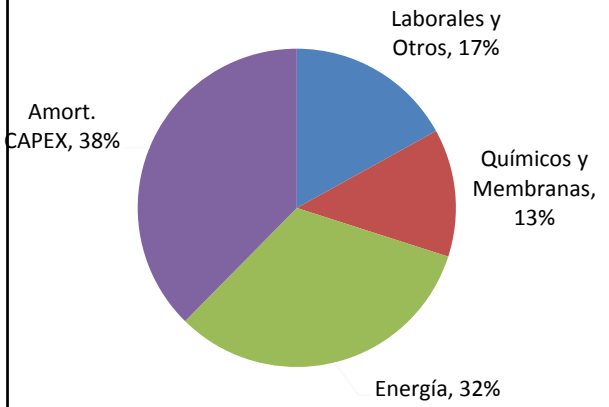
Modelos de Contratación

Un examen de los diferentes riesgos, en cada fase del proyecto, ayuda a definir la conveniencia de las diferentes estructuras comerciales

Fase Proyecto	Riesgos Clave
Desarrollo	▪ Marco regulador y cuestiones “políticas” ▪ Terreno, localización y temas legales ▪ Diseño del proyecto que cumpla los requisitos específicos de la municipalidad
Diseño	▪ Diseño óptimo considerando todo el costo del ciclo de vida del proyecto –”life cycle costs” ▪ Viabilidad del diseño
Construcción	▪ Incremento de costos y retrasos en entrega por trabajos ineficientes ▪ Incremento de costos de equipos o de financiamiento ▪ Problemas de integración entre los subcontratistas varios
Operación	▪ Incremento de costos y/o reducción de producción debido a un régimen indebido de operación y mantenimiento ▪ Agua de entrada de mala calidad ▪ Mayor consumo energético, de membranas, de químicos
Venta	▪ Variaciones en la demanda de agua ▪ Cobro de recibos

Desglose preliminar de costos

Proyecto SWRO típico



Típicamente, los proyectos de desalación tienen OPEX elevados, siendo la energía el principal componente de coste durante la operación de la planta

Cualquier estructura comercial debe asegurarse de que los riesgos en las distintas áreas se asignan a la parte mejor preparada para controlarlos y mitigarlos

Modelos de Contratación – *Procurement Methods*

Nivel de Participación Privada

Bajo

Alto

Compra Tradicional

- Una entidad pública recibe el mandato de construir y operar una planta desaladora
- Emplea subcontratistas bajo las leyes y regulaciones locales

DB (Design, Build), EPC

- Sector Público define los requerimientos y especificaciones de la planta a construir y operará la desaladora
- Una entidad privada es contratada para el diseño y construcción de la planta, bajo el concepto turn-key lump-sum

DB+O (Design, Build + Operate)

- Como en un proyecto DB, el sector privado aporta servicios de diseño y construcción por una suma fija (lump-sum), pero adicionalmente el contratista privado opera la desaladora (contrato de servicio)
- Financiación para el proyecto es aportada por el sector público

BOT (Build, Operate, Transfer)

- Una entidad privada "single purpose company" (SPC), recibe una concesión para construir, operar y financiar una planta desaladora, por un periodo fijo de concesión, al final del cual la planta es transferida a la autoridad pública
- El terreno para la desaladora es normalmente aportado por la autoridad pública
- SPC aporta financiación para el proyecto

BOO (Build, Operate, Own)

- Similar a una concesión BOT, ya que una SPC ofrece una "solución total "al proyecto
- Normalmente el terreno es aportado por el sector privado
- Al final del periodo de concesión la propiedad de la planta se mantiene en manos de la SPC sin garantías de compra adicional de agua por parte de la autoridad pública

La conveniencia de cada método de contratación depende de la capacidad financiera del sector público, del marco legal local, del apetito para tomar riesgo de proyecto, y de los objetivos a largo plazo de las autoridades

Contratación Tradicional por una autoridad local o compañía gubernamental, con financiamiento público

Cuestiones del modelo tradicional de contratación

- El sector público asume completa responsabilidad de todos los aspectos del proyecto
- Como resultado, todos los riesgos del proyecto los termina asumiendo el sector público
- El modelo tradicional típicamente requiere una entidad pública de cierta magnitud, capaz de gestionar y controlar varios subcontratistas y empleados
- El éxito del proyecto requiere experiencia en construcción y operación de proyectos de infraestructura grandes y complejos

Ventajas

- Permite al sector público desarrollar conocimientos y experiencia en proyectos de desalación
- Los costos financieros son usualmente (pero no siempre) más bajos que aquellos obtenidos en una solución de financiación privada

Inconvenientes

- No aprovecha al máximo la experiencia y conocimientos del sector privado
- La contratación de varios subcontratistas expone al sector público a riesgos de integración muy significativos
- Compañías del sector público tienen menos experiencia y son típicamente menos eficientes en la operación de estas plantas
- Los proyectos deben ser financiados íntegramente por el sector público

Experiencia internacional

Ejemplos

US- Long Beach, cal.

Developer	municipalidad
Output (K m3 day)	~38
Commissioning	2003

China- Rongcheng

Developer	municipalidad
Output (K m3 day)	~10
Commissioning	2004

Los modelos tradicionales de contratación no aprovechan al máximo la experiencia que tiene el sector privado y expone al sector público a un parte significativa del riesgo del proyecto

En un proyecto **DB (EPC)** el sector público financia y opera el proyecto

Cuestiones de proyectos DB

- La autoridad pública tiene la responsabilidad de detallar los requerimientos del proyecto, y cada entidad privada que oferta entrega una solución de diseño dentro de los parámetros especificados
- La construcción del proyecto es pagada completamente durante la fase de construcción, a través de pagos progresivos (milestones)
- Todo el riesgo de construcción será asumido por el contratista. El pago final dependerá de la aprobación de ciertos "acceptance tests"

Ventajas

- El sector privado aporta experiencia en diseño para el proyecto
- Un proceso competitivo asegura el precio óptimo para la construcción de la planta
- El sector privado garantiza la producción de la planta por un periodo limitado después de la finalización de la planta (periodo de prueba)

Inconvenientes

- El sector público mantiene el riesgo de operación a largo plazo y el riesgo de demanda
- El contratista no está incentivado a optimizar el coste total del ciclo de vida de la planta (life cycle cost)
- El proyecto debe ser financiado completamente por el sector público

Experiencia Internacional

Ejemplos

US- El Paso

Developer	Biwater Plc
Output (K m3 day)	~106
Commissioning	2007

China- Yuhuan

Developer	Siemens
Output (K m3 day)	~34.5
Commissioning	2006

Las soluciones DB utilizan la experiencia y know-how del sector privado, pero requieren que los proyectos sean financiados completamente por el sector público una vez que el proyecto esté finalizado

Los proyectos **DB+O** con una única entidad privada aportando servicios de operación junto con el diseño y construcción de la planta

Cuestiones de proyectos DB+ O

- En contraste con un DB "puro", la entidad del sector privado ofrece no solamente una solución de diseño y construcción sino también una solución de operación a largo plazo
- La fase de diseño y construcción de la planta queda pagada a la finalización de la construcción en base a un monto fijo o "lumpsum"
- La operación de la planta es típicamente en base a la capacidad total, y el sector privado no asume el riesgo de demanda
- Dependiendo del diseño del contrato, el sector privado asumirá ciertos riesgos de costos de producción pero sólo proporcionará garantías limitadas

Ventajas

- Similar a las ventajas de un proyecto DB
- Algo del riesgo de producción también se pasará al sector privado, con mayor utilización de la experiencia del sector privado
- Algunos (limitados) incentivos para optimizar el "life cycle cost"

Inconvenientes

- Similar a los inconvenientes de un proyecto DB
- Como el contratista tiene que ofrecer actividades de operación a largo plazo durante el proceso de oferta, el precio incluirá riesgos adicionales
- El proyecto debe ser financiado íntegramente por el sector público

Experiencia Internacional

Ejemplos

Australia- Adelaide

Developer	Acciona Agua
Output (K m3 day)	~280
Commissioning	2012

Spain- Málaga

Developer	Sacyr Valoriza
Output (K m3 day)	~60
Commissioning	2011

En un proyecto DB+O el sector privado ofrece su experiencia para todas las fases del proyecto, sin tomar el riesgo de demanda o riesgos significativos de operación

Un proyecto **BOT** incluirá una solución de financiación completa

Cuestiones de proyectos BOT

- El sector privado se encarga de todos los aspectos del proyecto, incluyendo financiación a largo plazo
- Los pagos al sector privado pueden ser basados en un pago por capacidad (en función de la disponibilidad de la planta) más pago por cantidad (en función de la cantidad de agua producida) o un mecanismo take-or-pay
- Los diferentes mecanismos contractuales definirán el nivel de riesgo compartido entre los sectores público y privado
- Para facilitar la financiación de la planta, el sector público puede ofrecer créditos de construcción o subvención de capital durante este periodo
- Al final del periodo de concesión la planta es transferida al sector público

Ventajas

- La financiación del proyecto la consigue el sector privado, liberando cualquier restricción de presupuesto que pueda tener el sector público
- El proyecto obtiene la atención completa del sector privado, con su experiencia y especialización
- Las autoridades públicas sólo tienen que tratar con una única entidad del sector privado, reduciendo conflictos y burocracia inflada
- Consigue optimización del "life cycle costing"

Inconvenientes

- Dependencia del sector privado para financiación
- Una parte significativa del riesgo de proyecto se reflejará en el precio
- Dependencia de la experiencia del sector público en proyectos BOT
- El proceso de licitación será complejo y puede requerir un plazo más largo antes de comenzar la construcción

Experiencia Internacional

Ejemplos

Israel- Hadera

Developer	IDE
Output (K m3 day)	~326
Commissioning	2007

Chile- Antofagasta

Developer	Inima
Output (mil m3 year)	~52
Commissioning	2003

Mientras que permiten varios niveles de distribución de riesgo entre los sectores público y privado, los proyectos BOT pueden requerir un periodo largo de formalización que retrase el comienzo de la construcción

En proyectos **BOO** la planta es completamente financiada por el sector privado, quien mantiene la propiedad

Cuestiones de proyectos BOO

- A diferencia de proyectos BOT, en un proyecto BOO la planta es propiedad completamente del sector privado
- Como en BOT, el sector público ofrece un contrato de compra de agua (WPA) fijo en el tiempo, permitiendo a la concesionaria financiar los costos de construcción de la planta
- En la mayoría de los casos la concesionaria aportará los terrenos utilizados por la planta
- Al final de la concesión, la autoridad pública puede optar por renegociar un contrato de compra de agua revisado, pero no tiene obligación

Ventajas

- Similar a las ventajas de un proyecto BOT
- El riesgo de valor residual de la planta lo asume el sector privado

Inconvenientes

- Similar a los inconvenientes de un proyecto BOT
- El sector público no desarrolla plantas de su propiedad a largo plazo y debe confiar en el sector privado para la producción de agua futura

Experiencia Internacional

Ejemplos

Israel- Palmachim

Developer	GES
Output (K m3 day)	~82+41
Commissioning	2007, 2011

China- Tianjin

Developer	Hyflux
Output (K m3 day)	~100
Commissioning	2006

En un proyecto BOO, la autoridad pública contrata a una entidad del sector privado para proveer sus necesidades de agua, bajo un contrato a largo plazo, y no desarrolla una solución a largo plazo de plantas desaladoras de propiedad estatal

Comparación de los diferentes modelos

	Contratación Tradicional	DB/DB+ O	BOT/BOO
Responsabilidad de Diseño	Público	Privado	Privado
Riesgo de Construcción	Público	Privado	Privado
Riesgos de Operación	Público	Público/Conjunto	Privado
Responsabilidad Financiera	Público	Público	Privado
Life cycle costing	Limitado	No/Limitado	Si
Riesgo de Valor Residual	Público	Público	Público(BOT)/ Privado (BOO)
Coste de Licitación	Bajo	Medio	Alto

Modelos de Contratación (*Procurement Methods*) Preseleccionados

Nivel de Participación Privada

Compra Tradicional

- Una entidad pública recibe el mandato de construir y operar una planta desaladora
- Emplea subcontratistas bajo las leyes y regulaciones locales

DB (Design, Build), EPC

- Sector Público define los requerimientos y especificaciones de la planta a construir y operará la desaladora
- Una entidad privada es contratada para el diseño y construcción de la planta, bajo el concepto turnkey lump-sum

DB+O (Design, Build + Operate)

- Como en un proyecto DB, el sector privado aporta servicios de diseño y construcción por una suma fija (lump-sum), pero adicionalmente el contratista privado opera la desaladora (contrato de servicio)
- Financiación para el proyecto es aportada por el sector público

BOT (Build, Operate, Transfer)

- Una entidad privada "single purpose company" (SPC), recibe una concesión para construir, operar y financiar una planta desaladora, por un periodo fijo de concesión, al final del cual la planta es transferida a la autoridad pública
- El terreno para la desaladora es normalmente aportado por la autoridad pública
- SPC aporta financiación para el proyecto

BOO (Build, Operate, Own)

- Similar a una concesión BOT, ya que una SPC ofrece una "solución total "al proyecto
- Normalmente el terreno es aportado por el sector privado
- Al final del periodo de concesión la propiedad de la planta se mantiene en manos de la SPC sin garantías de compra adicional de agua por parte de la autoridad pública

Análisis BOT
Build-Operate-Transfer

Análisis de Precio bajo un modelo BOT

BOT (Build, Operate, Transfer) - Responsabilidad del sector privado en todas las fases del proyecto

2 años — Fase de diseño y construcción

- Diseño
- Construcción
- Financiación

25 años — Fase de Operación y Mantenimiento

- Operación y Mantenimiento
- Pagos a la compañía privada se realizan por m^3 de agua entregada, con una cláusula take-or-pay para el agua suministrada al sector público
- Los pagos por el agua permiten el rembolso de la deuda y equity del proyecto
- Al final de la concesión la planta es transferida en condiciones de trabajo al sector público

Una concesión BOT bien estructurada optimiza (minimiza) los costos totales del ciclo de vida, ya que requiere que el concesionario asuma no solo los riesgos de construcción sino también los riesgos relativos a la producción y operación

Supuestos para Modelación Financiera

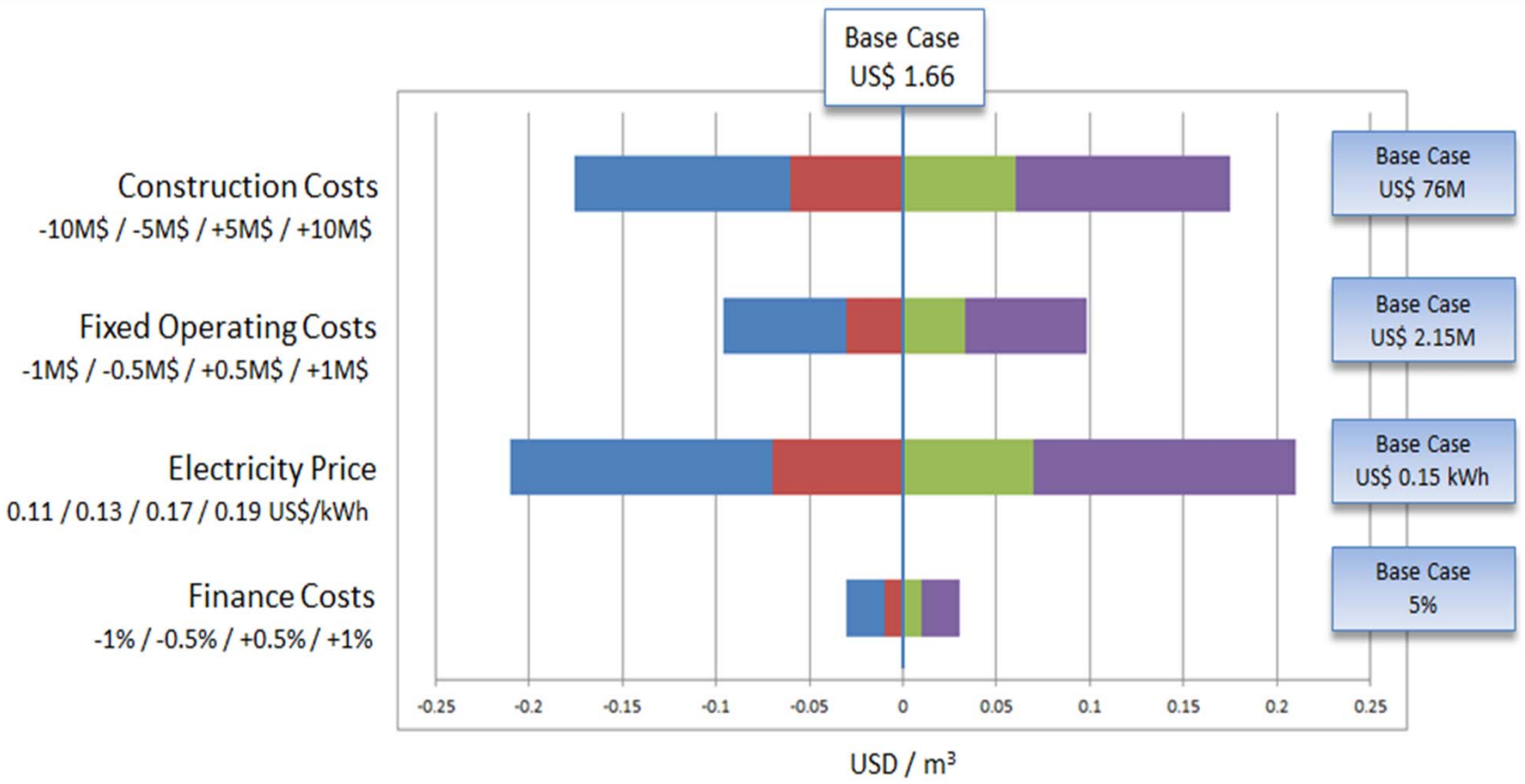
BOT Project Financial Assumptions		
Project Leverage	70%	Nivel de deuda sobre inversión total. Podría ser de hasta un 80%
Senior Debt Pricing	5%	Coste de Financiación por endeudamiento bancario
Debt Maturity	Construction + 7 years	Podría extenderse y abaratar el proyecto
Corporate Tax	20%	Lo esperado en Chile en los próximos años
Operating Fund	6 months	Común en proyectos BOT
Debt Service Reserve Account	6 months	Común en proyectos BOT
Equipment Reinvestment Fund	As required	Común en proyectos BOT
Minimal Required DSCR	1.25	Común en proyectos BOT en las condiciones actuales de mercado
Expected Equity Return	> 12%	Común en proyectos BOT en las condiciones actuales de mercado

Resultados Modelo BOT

Precio Agua por m^3 BOT	
Desalación 1.000 LPS	**US$ 1.48**
Desalación 500 LPS	**US$ 1.66**
Depuración + Reutilización por membranas (500 LPS)	**US$ 1.08**
Depuración + Reutilización convencional (500 LPS)	**US$ 0.87**

El precio de agua de considera un precio de electricidad de US$0.15 por kW/h

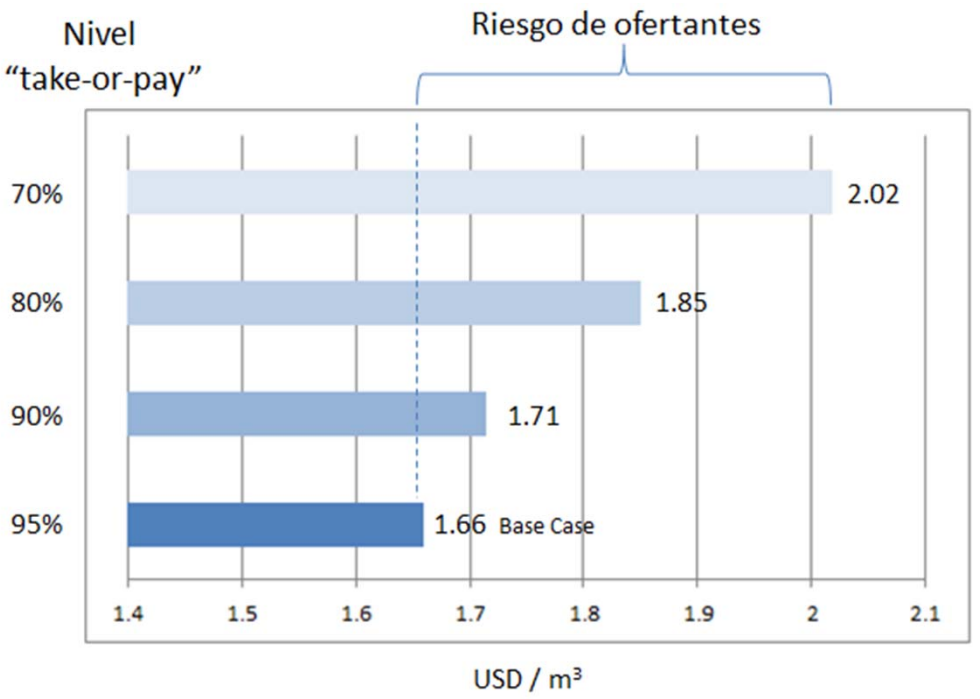
Análisis de Sensibilidad



Se ha realizado un análisis con objeto de examinar la sensibilidad del precio del agua a varios cambios en los costos de proyecto y costos financieros

La cláusula “take or pay” en la concesión determinará el nivel de riesgo demanda asumido por la concesionaria en el proyecto, y consecuentemente impactará el precio del agua

- Una cláusula take or pay del 100% crea un proyecto en el que la concesionaria no asume riesgo de demanda
- Un nivel reducido de take or pay requiere que los ofertantes consideren este riesgo en sus ofertas
- Ofertantes con aversión al riesgo pueden optar por impactar todo este riesgo en sus ofertas, ofreciendo un precio de agua basado en un nivel de demanda igual al nivel take or pay
- Ofertantes más agresivos pueden presentar un precio de agua basado en niveles de demanda entre el 100% y el nivel take or pay
- El nivel de agresividad estará impactado por:
  - La demanda real esperada en la región
  - El nivel de seguridad ofrecido por las autoridades de que evitarán, por ejemplo, la creación de competencia adicional a la desaladora en el caso de que la demanda sea inferior al 100%



Los ofertantes con aversión al riesgo es probable que compensen cualquier riesgo de demanda incrementando el precio total del agua en sus ofertas

Análisis DBOM
Design-Build-Operate-Maintain

Análisis de Precio bajo un modelo DBO-M

DBOM (Design, Build, Operate, Maintain) - Responsabilidad del sector privado en construcción y operación del proyecto – Financiación proporcionada por el Gobierno

2 años	Fase de diseño y construcción	▪ Diseño ▪ Construcción
15 - 20 años	Fase de Operación y Mantenimiento	▪ Operación y Mantenimiento ▪ Pagos a la compañía privada en base a un precio fijo y avances de progreso, completado tras la finalización de la instalación ▪ Empresa privada proporciona garantías limitadas para la operación de la planta y la producción (normalmente no más del equivalente a un año de facturación como empresa O & M) ▪ La planta totalmente propiedad del sector público, con la empresa privada prestando únicamente servicios

Un proyecto DBOM aprovecha la experiencia del sector privado, dejando la propiedad de la planta, la responsabilidad de la financiación y la optimización del costo de ciclo de vida al sector público (y sus asesores)

Supuestos para Modelación Financiera

DBO-M Project Financial Assumptions		
Cost of Finance for Public Sector	4.31%	Chile - Bono Soberano a 10 años (30 Junio de 2014)
EPC Margin	10%	Márgen típico en contratos EPC
O&M Margin	8%	Márgen típico en contratos O&M
Residual Value for Facility	30%	Equivalente al Equity Investment. Vida útil de la planta 25 años

Resultados Modelo DBO-M

Precio Agua por m^3 DBO-M	
Desalación 1.000 LPS	**US$ 1.24**
Desalación 500 LPS	**US$ 1.41**
Depuración + Reutilización por membranas (500 LPS)	**US$ 0.93**
Depuración + Reutilización convencional (500 LPS)	**US$ 0.67**

Resultados Modelo DBO-M

Análisis de Precios DBO-M

	1000 LPS Desalination	500 LPS Desalination	500 LPS Reuse membranes	500 LPS Reuse conventional
Costos Fijos	0.09	0.14	0.10	0.10
Energía	0.50	0.50	0.08	0.07
Otros Costos Variables	0.24	0.30	0.31	0.24
Gastos Generales y Utilidades	0.09	0.10	0.06	0.05
Financiación	0.32	0.38	0.38	0.20
TOTAL	**1.24**	**1.41**	**0.93**	**0.67**

El precio de agua de considera un precio de electricidad de US$0.15 por kW/h

Comparación de Modelos

Comparación Precios

Precio Agua por m^3	BOT	DBO-M
Desalación 1.000 LPS	**US$ 1.48**	**US$ 1.24**
Desalación 500 LPS	**US$ 1.66**	**US$ 1.41**
Depuración + Reutilización por membranas (500 LPS)	**US$ 1.08**	**US$ 0.93**
Depuración + Reutilización convencional (500 LPS)	**US$ 0.87**	**US$ 0.67**

Puede haber tres razones principales por las que un modelo BOT puede ser preferido sobre el método DBOM, a pesar de los precios más altos de agua "en papel"

	BOT	DBOM
Optimización del costo total del ciclo de vida	▪ Alto incentivo para los ofertantes de optimizar los costes totales del ciclo de vida ▪ Se puede confiar en el ofertante para optimizar la construcción, operación y decisiones de mantenimiento	▪ Reduce el incentivo para que los ofertantes optimicen los costos del ciclo de vida ▪ Autoridad de gobierno no puede dejar tanta libertad a la iniciativa del sector privado para optimizar los costos del proyecto
Supervisión y monitorización de la concesionaria	▪ El costo de la concesionaria para salir del proyecto es muy alto (pierde su equity + garantías bancarias) ▪ Proyecto vigilado de cerca por los *lenders* ▪ Reduce los requisitos de supervisión por parte de la autoridad pública	▪ Tras el fin de la construcción, el costo a la concesionaria para salir el proyecto es bajo (garantías limitadas) ▪ Supervisión de proyecto exclusivamente por la autoridad de Gobierno ▪ Supervisión pública tendrá que ser estrecha y eficaz
Cuestiones presupuestarias	▪ Proyecto total o parcialmente financiado por el sector privado ▪ Puede ayudar en caso de limitaciones presupuestarias a corto plazo	▪ Proyecto financiado totalmente por el sector público ▪ Requiere alto compromiso presupuestario durante la fase de construcción

Conseguir un proyecto **BOT** exitoso requiere de un proceso detallado de preparación de licitación que consiga una concesión "bankable" y un precio atractivo de agua

Condiciones necesarias para conseguir una licitación BOT exitosa

- Claridad en los objetivos marcados por parte del sector público
- Equipo experimentado de asesores, incluyendo:
  - Consultoría técnica e ingeniería;
  - Consultoría legal;
  - Consultores financieros/económicos
- La redacción de los documentos de licitación, incluyendo los criterios de precalificación para los ofertantes, los criterios de selección del mejor proponente, y el contrato de concesión, deben todos reflejar los objetivos del sector público
- Proceso de consultas con consumidores potenciales, autoridades locales, ofertantes potenciales y entidades financieras antes y durante el proceso de licitación
- Elaborar el contrato de concesión considerando los intereses de las potenciales entidades financieras

Cláusulas importantes de concesión que permiten la "bankabilidad" del proceso BOT

- Cláusula Take-or-Pay de forma que el concesionario no asuma el riesgo de demanda
- Indexación de precio supeditado a ciertas variables, como el precio de electricidad, inflación y tipos de cambio
- Cláusulas de terminación que aseguren que:
  - Los financiadores y el concesionario sean "made whole" (se pague toda la deuda y equity pendiente) en caso de incumplimiento (default) del gobierno
  - Los financiadores sean compensados (en parte) en caso de fuerza mayor
  - Los financiadores tengan el derecho a intervenir ("step-in" i.e. remplazar el concesionario) en caso de incumplimiento (default) en sus obligaciones de deuda
- Mecanismo transparente de arbitraje y protección contra cambios de ley

Importante considerar todos los factores relevantes durante el proceso de licitación para evitar prolongar el cierre financiero y la extensión innecesaria del proceso

Un contrato **DBO-M** exitoso debe basarse en requisitos claros y bien definidos por el sector público para los contratistas

Puntos necesarios para lograr el éxito de un proyecto DBOM

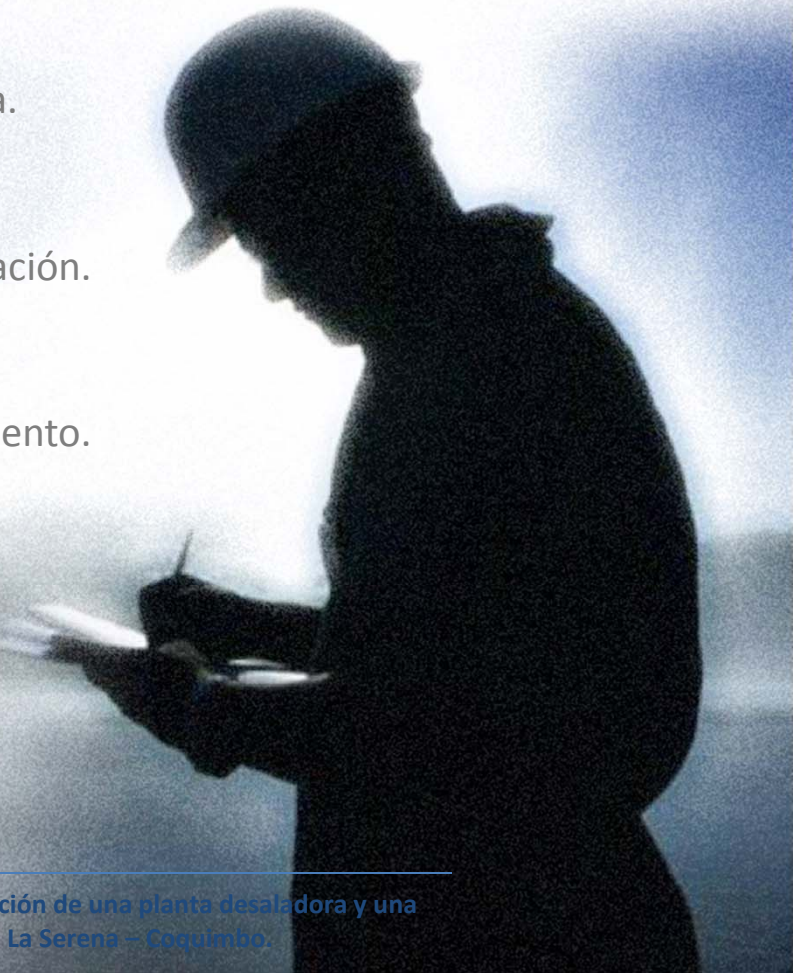
- Pliego de condiciones debe ser claro y según los objetivos de largo plazo del sector público
- Proceso exhaustivo de pre-licitación, para dar a conocer el proyecto y atraer competidores (PQ, RFI, conferencias, etc..)
- Se debe introducir un sistema óptimo de garantías del contratista para maximizar el compromiso a largo plazo de la empresa en el proyecto
- Seleccionar un contratista con buena reputación para minimizar el riesgo de una salida temprana
- El sector público debe establecer un órgano de control fuerte que supervisará todos los trabajos de contratistas a lo largo de la vida útil del proyecto
- La reglamentación del proyecto debe ser clara y precisa, y establecer un SQC (Service Quality Criteria, o criterios de calidad de servicio) claramente definido para el contratista O & M
- Un sistema claramente definido de multas y recompensas, vinculado a la SQC, permitirá una supervisión eficaz por el sector público sobre los contratistas
- Varios pagos en función de hitos para la fase de construcción de las instalaciones reducirá al mínimo la exposición de contratistas y sus necesidades de financiación
- Fuerte respaldo para el proyecto de máximas autoridades gubernamentales (Ministerios de Finanzas, Obras Públicas)

Un proyecto exitoso de DBOM requiere un eficaz monitoreo y supervisión por el sector público en etapas EPC y O&M

SEGUNDO Informe

CONTENIDO DEL SEGUNDO INFORME

1. Estudio de localización.
2. Análisis ambiental preliminar.
3. Informe técnico de implantación de la planta desaladora.
4. Proyecto básico de infraestructura marina.
5. Informe técnico de implantación de la planta de reutilización.
6. Análisis del sistema de impulsión de agua.
7. Informe CAPEX/OPEX. Costes de operación y mantenimiento.
8. Estudio del modelo de financiación del proyecto.
9. **Propuesta de plazos y cronograma del proyecto.**



Propuesta de Plazos y Cronograma

PROYECTO DESALADORA / REUTILIZACION COQUIMBO - PROGRAMA DE DESARROLLO

ACTIVIDAD	2014				2015				2016				2017				2018				2019			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1.- Definicion Proyecto																								
2.- Estudio Pre Factibilidad Tecnico, Ambiental y Económico																								
- Definir localizacion, diseño preliminar																								
- Estudio tarifario y de sensibilidad																								
3.- Decisión GO / NO GO																								
- Definición de modelo de contratación (DBOM o BOT)																								
4.- Estudio Factibilidad / EIA																								
- Confección bases, licitación y contratación																								
- Planeamiento general																								
- Ingeniería Básica Desaladora																								
- Ingeniería Básica Tubería, Red de Distribución																								
- EIA: Desaladora, Conduccion, linea Electrica																								
- Estudios y modelos económico-financieros																								
- Concesion Maritima																								
- Análisis de Servidumbres																								
- Permisos Sectoriales y Otros																								
- Preparación Bases de Licitación																								
5.- Licitación y Adjudicación																								
- Invitación y Precalificación																								
- Elaboración de Ofertas																								
- Estudio y Adjudicación																								
6.- Financiamiento																								
- Cierre Financiero (caso BOT)																								
7.- Ejecucion del Proyecto																								
- Ingeniería de Detalle																								
- Ejecución Obra Desaladora																								
- Ejecución Obra Marina																								
- Ejecución Obra Conducción e Impulsión																								
8.- FIRST WATER																								

Propuestas futuras – Provincia de Limarí

Problemática de Ovalle

- La sequía está causando un impacto muy severo en la provincia de Limarí.

- El sector agrícola queda afectado fuertemente.

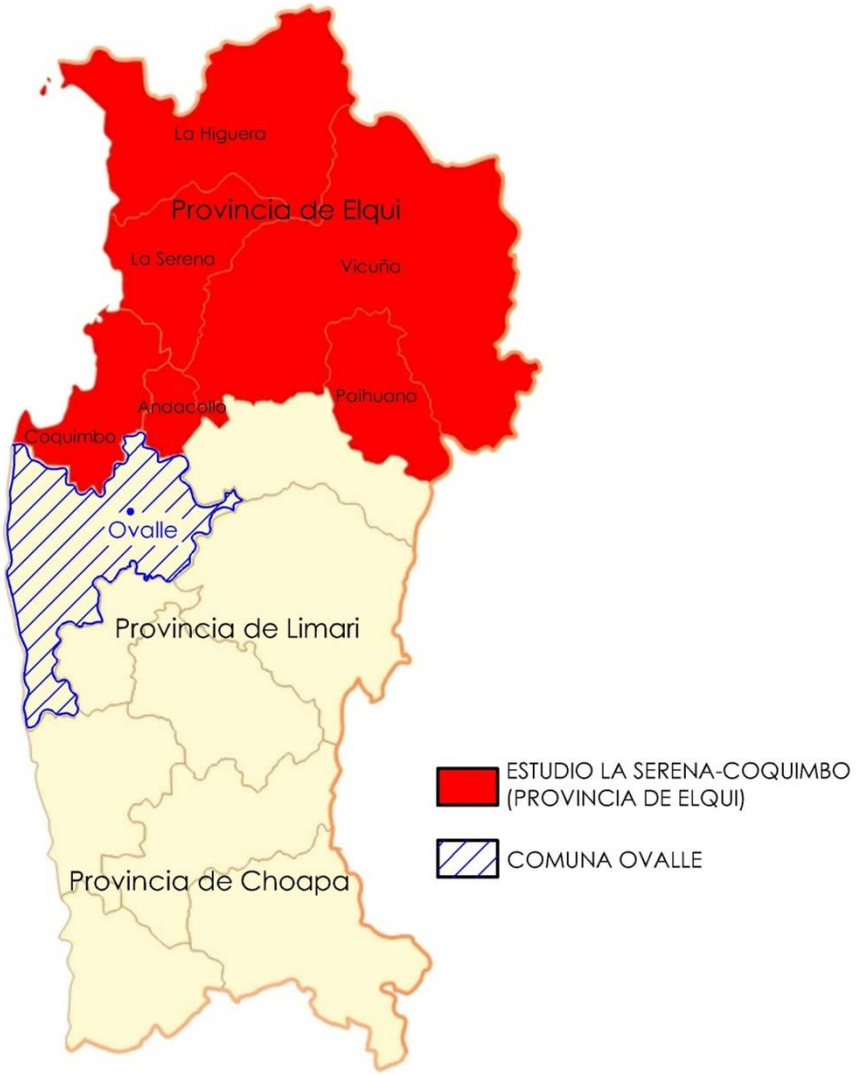
- Posibles problemas de abastecimiento a la población de Ovalle.

Propuestas Aqua Advise

- Estudio técnico – económico para **incrementar la oferta de agua.**

- Metodología similar al estudio de La Serena – Coquimbo, pero **específico para Ovalle.**

- **Reutilización, Desalación, Concienciación Social**



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

La Serena – Coquimbo
Julio - 2014

13.- RESUMEN COMPARATIVO

01PR14-3002-Resumen Comparativo_rv00.pptx

Estudio Técnico-Económico Comparativo entre la Instalación de una Planta Desaladora y una Planta de Reutilización de Aguas Depuradas.

CORPORACION REGION Coquimbo

La Serena – Coquimbo

Septiembre - 2014

Estudio de Localización

Estudio de localización

Se estudian TRES posibles emplazamientos:

PUNTO 1.-
Junto a la Planta de Tratamiento Primario de La Serena.

PUNTO 2.-
Punta Teatinos.

PUNTO 3.-
Junto a la Planta de Tratamiento Primario de Coquimbo.

	Ubicación	Accesibilidad	Acceso a Energía	Carga Ambiental: Planificación Territorial PRDU	Planificación Territorial PRC	Áreas Protegidas	Concesiones	Riesgo	Turismo
Punto 1 (ETP La Serena)	Buena	Buena	Buena	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Baja
Punto 2 (Punta Teatinos)	Buena	Buena	Buena	Media	Alta	Alta	Media	Baja	Alta
Punto 3 (ETP Coquimbo)	Buena	Media	Buena	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

CONCLUSIONES

- ✓ El punto 2 es menos recomendable por su elevada carga ambiental.
- ✓ El punto de estudio 1 y 3 presentan cargas ambientales similares.
- ✓ No se aprecian otras posibles áreas aptas para localización.
- ✓ Los puntos 1 y 3 se ubican en una zona de desarrollo turístico. Se recomienda integración paisajística de las plantas con el entorno que las rodea.

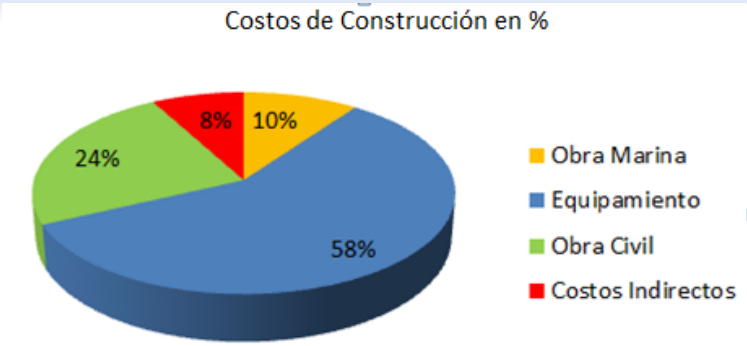
Punto de estudio 1.- Desaladora con ultrafiltración

Punto de estudio 3.- Desaladora con filtros cerrados

CAPEX y OPEX Planta Desaladora

CAPEX Planta Desaladora

	1.000 L/s	500 L/s
Max CAPEX	151.200.000 USD	86.400.000 USD
Min CAPEX	108.000.000 USD	64.800.000 USD
COSTE MEDIO CAPEX	129.600.000 USD	75.600.000 USD

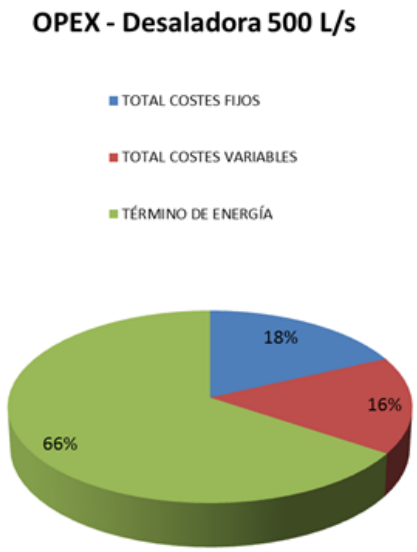


Variación CAPEX depende principalmente de:

- Alcance de la obra marina.
- Tecnología de pretratamiento y postratamiento utilizadas.
- Diseño del sistema de ósmosis inversa (número de trenes, redundancias,..).
- Posibilidad de utilizar los emisarios existentes en las plantas de tratamiento primario de la Serena y de Coquimbo.
- Complejidad de ejecución de la obra civil asociada (tipología de terreno, desmontes,..)

OPEX - Planta Desaladora 500 L/s

DESGLOSE OPEX PLANTA DESALADORA 500 L/s			
Producción anual	15,00		Hm³/año
Concepto	Coste anual (USD/año)	Coste específico (USD/m³)	% Costes
RESUMEN DE COSTES FIJOS			
Personal	872.000	0,0581	7,7%
Análisis en laboratorio	79.000	0,0053	0,7%
Seguros	129.000	0,0086	1,1%
Mantenimiento	415.000	0,0277	3,7%
Plan de vigilancia ambiental	338.000	0,0225	3,0%
Administración	132.000	0,0088	1,2%
Varios	78.000	0,0052	0,7%
TOTAL COSTES FIJOS	2.043.000	0,1362	18,1%
RESUMEN DE COSTES VARIABLES SIN TÉRMINO DE ENERGÍA			
Productos químicos operación	1.126.000	0,0751	9,95%
Productos químicos limpieza	100.000	0,0067	0,9%
Reposiciones	308.000	0,0205	2,7%
Recogida de residuos	13.000	0,0009	0,1%
Mantenimiento correctivo	303.000	0,0202	2,7%
TOTAL COSTES VARIABLES	1.850.000	0,1233	16,3%
COSTE MEDIO DEL TÉRMINO DE ENERGÍA			
Término de Energía	7.425.000	0,4950	65,6%
COSTE TOTAL	11.318.000 USD	0,7545	USD/m³



CORPORACION REGION Coquimbo

Estudio técnico-económico comparativo entre la instalación de una planta desaladora y una planta de reutilización de aguas depuradas. La Serena – Coquimbo.

Aqua Advise

CAPEX y OPEX Planta Reutilización

CAPEX / OPEX – Tratamiento Secundario

- ✓ PTP existentes en Coquimbo y La Serena → Tratamientos Primarios.
- ✓ Sería necesario realizar obras de ampliación de estas instalaciones o bien construir plantas de tratamiento secundario.
- ✓ Instalación de planta de tratamiento secundario de aguas servidas de 500 L/s con la línea de fangos incluida.

	Total CAPEX (USD)	OPEX (USD/m³)
Planta de tratamiento secundario 500 L/s	29.000.000 USD	0,21

	Consumo Específico Energía (kW h/m³)	Coste Específico Energía (USD/m³)
Planta de tratamiento secundario 500 L/s	0,400	0,06

OPEX – Planta Reutilización

TIPO 1.- Ausencia de E.coli

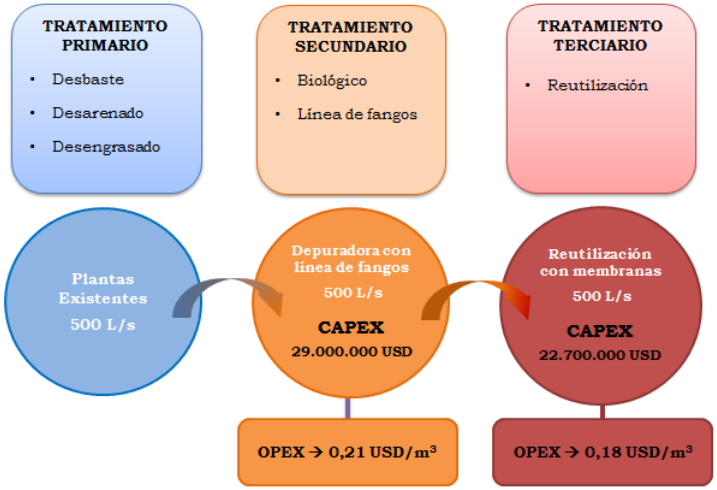
TIPO 2.- E.coli ≤ 100 UFC/100 ml

	OPEX (USD/m³ tratado, sin impuestos)
Planta 500-1000 L/s tipo 1 (membranas)	0.18
Planta 500-1000 L/s tipo 2 (convencional)	0.11

	Consumo Específico Energía (kW h/m³)	Coste Específico Energía (USD/m³)
Planta 500-1000 L/s tipo 1 (membranas)	0,100	0,015
Planta 500-1000 L/s tipo 2 (convencional)	0,095	0,014

CAPEX – Planta Reutilización

Descripción	Planta tipo 1 - Membranas	Planta tipo 2 - Convencional
CAPEX 1.000 L/s	32.800.000 USD	16.900.000 USD
CAPEX 500 L/s	22.700.000 USD	10.800.000 USD
Porcentaje de Obra		
Obras Civiles	21%	60%
Equipos Mecánicos	67%	25%
Electricidad y Control	8%	5%
Otros	4%	10%



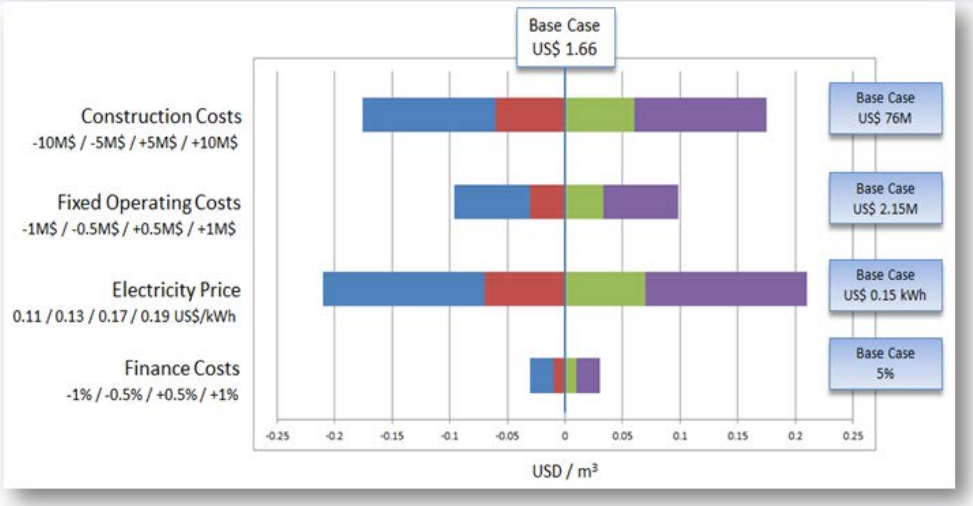
Resultados Modelos BOT y DBO-M

Resultados Modelo BOT

Precio Agua por m^3 BOT	
Desalación 1.000 LPS	**US$ 1.48**
Desalación 500 LPS	**US$ 1.66**
Depuración + Reutilización por membranas (500 LPS)	**US$ 1.08**
Depuración + Reutilización convencional (500 LPS)	**US$ 0.87**

El precio de agua de considera un precio de electricidad de US$0.15 por kW/h

Análisis de Sensibilidad



Resultados Modelo DBO-M

Precio Agua por m^3 DBO-M	
Desalación 1.000 LPS	**US$ 1.24**
Desalación 500 LPS	**US$ 1.41**
Depuración + Reutilización por membranas (500 LPS)	**US$ 0.93**
Depuración + Reutilización convencional (500 LPS)	**US$ 0.67**

Análisis de Precios DBO-M

	1000 LPS Desalination	500 LPS Desalination	500 LPS Reuse membranes	500 LPS Reuse conventional
Costos Fijos	0.09	0.14	0.10	0.10
Energía	0.50	0.50	0.08	0.07
Otros Costos Variables	0.24	0.30	0.31	0.24
Gastos Generales y Utilidades	0.09	0.10	0.06	0.05
Financiación	0.32	0.38	0.38	0.20
TOTAL	**1.24**	**1.41**	**0.93**	**0.67**

Propuesta de Plazos y Cronograma

PROYECTO DESALADORA / REUTILIZACION COQUIMBO - PROGRAMA DE DESARROLLO

ACTIVIDAD	2014				2015				2016				2017				2018				2019			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1.- Definicion Proyecto																								
2.- Estudio Pre Factibilidad Tecnico, Ambiental y Económico																								
- Definir localizacion, diseño preliminar																								
- Estudio tarifario y de sensibilidad																								
3.- Decisión GO / NO GO																								
- Definición de modelo de contratación (DBOM o BOT)																								
4.- Estudio Factibilidad / EIA																								
- Confección bases, licitación y contratación																								
- Planeamiento general																								
- Ingeniería Básica Desaladora																								
- Ingeniería Básica Tubería, Red de Distribución																								
- EIA: Desaladora, Conduccion, linea Electrica																								
- Estudios y modelos económico-financieros																								
- Concesion Maritima																								
- Análisis de Servidumbres																								
- Permisos Sectoriales y Otros																								
- Preparación Bases de Licitación																								
5.- Licitación y Adjudicación																								
- Invitación y Precalificación																								
- Elaboración de Ofertas																								
- Estudio y Adjudicación																								
6.- Financiamiento																								
- Cierre Financiero (caso BOT)																								
7.- Ejecucion del Proyecto																								
- Ingeniería de Detalle																								
- Ejecución Obra Desaladora																								
- Ejecución Obra Marina																								
- Ejecución Obra Conducción e Impulsión																								
8.- FIRST WATER																								