

inodú

INFORME FINAL

PROPUESTA DE REGULACIÓN AMBIENTAL PARA SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS Y OTROS SECTORES QUE SUCCIONAN AGUA Y DESCARGAN CURSOS DE AGUA EN SUS PROCESOS INDUSTRIALES

PREPARADO PARA:



10 de Diciembre, 2015



INFORME FINAL

PROPUESTA DE REGULACIÓN AMBIENTAL PARA
SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE CENTRALES
TERMOELÉCTRICAS Y OTROS SECTORES QUE
SUCCIONAN AGUA Y DESCARGAN CURSOS DE AGUA
EN SUS PROCESOS INDUSTRIALES

EQUIPO DE TRABAJO:

Donny Holaschutz, inodú

Héctor Moreno, inodú

Jorge Moreno, inodú

Carl Bozzuto, Consultor Independiente

Timothy Hogan, Alden Research Laboratory, Inc.

Pablo Mackenney, Costasur

[Página dejada en Blanco Intencionalmente]

PRESENTACIÓN DE INODÚ

Inodú fue fundada con el propósito de desarrollar una consultora en ingeniería y gestión enfocada en utilizar sus capacidades para estructurar soluciones y ponerlas a prueba junto a sus clientes. Nuestra organización está enfocada en la creación de alianzas para desarrollar capacidades, soluciones y negocios orientados a resolver desafíos en materia energética y de sustentabilidad.

Inodú generalmente articula equipos multidisciplinarios con capacidad de relacionar aspectos técnicos, operacionales, regulatorios, financieros y comerciales para definir proyectos orientados a mejorar el acceso y la utilización de la energía y el agua. Para este estudio, inodú ha definido esquemas de colaboración con las siguientes instituciones:

| | |
|---|--|
|  | <p>Alden es un centro reconocido internacionalmente por su experiencia en el área de dinámica aplicada de fluidos. Alden utiliza su experiencia para apoyar los desafíos medioambientales y energéticos a nivel global mediante la evaluación y optimización de tecnologías existentes y nuevas; y mediante asesorías que han contribuido a desarrollar normativas líderes a nivel mundial, por ejemplo, la 316(b) en Estados Unidos.</p> <p>Más información en: http://www.aldenlab.com</p> |
|  | <p>Empresa consultora constituida con el objetivo de proporcionar asesoría especializada en el ámbito de los servicios marítimos y ambientales.</p> <p>Más información en: http://www.costa-sur.cl</p> |

CONTENIDO DEL REPORTE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | RESUMEN | 1 |
| 2 | OBJETIVOS Y ACTIVIDADES | 3 |
| 3 | INDUSTRIAS QUE SUCCIONAN Y DESCARGAN AGUA DE AGUAS TERRITORIALES Y MARÍTIMAS EN CHILE | 4 |
| 3.1 | Antecedentes Generales Respecto de la Captación de Agua | 5 |
| 3.2 | Antecedentes Generales Respecto al Retiro, Uso y Descarga de Agua en Plantas Termoeléctricas con Ciclos de Vapor..... | 9 |
| 3.2.1 | Relación entre el Sistema de Enfriamiento y el Retiro de Agua | 9 |
| 3.2.2 | Relación de Otros Sistemas de una Central Termoeléctrica con el Uso y Descarga de Agua | 12 |
| 3.3 | Antecedentes Generales Respecto al Retiro, Uso y Descarga de Agua en Sistemas de Desalinización de Osmosis Inversa | 14 |
| 3.4 | Antecedentes Generales Respecto de la Captación y Descarga de Agua en Chile..... | 17 |
| 3.4.1 | Captación de Agua en Plantas Termoeléctricas en Chile..... | 18 |
| 3.4.2 | Captación de Agua en Plantas Desaladoras en Chile | 19 |
| 3.4.3 | Descarga de Agua en Plantas Termoeléctricas en Chile | 20 |
| 3.4.4 | Descarga en Plantas Desaladoras en Chile..... | 23 |
| 4 | IMPACTO AMBIENTAL DE CAPTACION Y DESCARGA DE AGUA | 25 |
| 4.1 | Impacto Producto de la Captación de Agua..... | 26 |
| 4.1.1 | Fuente de Estrés: | 27 |
| 4.1.2 | Estrés:..... | 29 |
| 4.1.3 | Receptor:..... | 30 |
| 4.1.4 | Respuesta del Receptor: | 33 |
| 4.1.5 | Métricas de Riesgo:..... | 35 |
| 4.2 | Impacto Producto de la Descarga de Efluentes | 40 |
| 4.2.1 | Carga Térmica por Sistemas de Enfriamiento..... | 41 |
| 4.2.2 | Descarga Químicos Asociados a Sistema de Enfriamiento | 42 |
| 4.2.3 | Impacto por Otras Descargas Eventualmente Producidas por Centrales Termoeléctricas | 44 |
| 5 | REVISIÓN DE NORMATIVA CHILENA RESPECTO A CAPTACIÓN Y DESCARGA DE AGUA | 46 |
| 5.1.1 | Comentarios Generales de los Instrumentos Revisados | 47 |
| 5.1.2 | Síntesis de la Normativa Vigente en Chile | 61 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1.3 | Desafíos Asociados a la Revisión del D.S. 90..... | 62 |
| 5.1.4 | Respecto de la Entidad que Debería Impulsar el Desarrollo de la Nueva Normativa de Succión o Captación de Agua | 65 |
| 6 | ALTERNATIVAS DE GESTIÓN Y DE REGULACIÓN ASOCIADAS A LA CAPTACIÓN O SUCCIÓN DE AGUA | 66 |
| 6.1 | Alternativas que Permiten Reducir o Gestionar los Impactos Asociados a Atrapamiento y Arrastre en Sistemas de Captación de Agua..... | 67 |
| 6.1.1 | Sistema de Reducción de Retiro de Agua en Centrales Termoeléctricas | 68 |
| 6.1.2 | Emplazamiento Apropiado del Punto de Captación | 68 |
| 6.1.3 | Sistemas de Protección del Sistema de Captación | 71 |
| 6.1.4 | Definición de una Velocidad de Captación de Agua Reducida | 85 |
| 6.1.5 | Respecto de Alternativas de Medición y Control..... | 86 |
| 6.2 | Normativa Internacional Respecto a la Captación de Agua..... | 88 |
| 6.2.1 | Regulación en Estados Unidos – Sección 316(b) del Clean Water Act..... | 88 |
| 6.2.2 | Regulación en la Comunidad Europa | 95 |
| 6.2.3 | Comparación de Normativas | 97 |
| 6.3 | Otras Alternativas Consideradas para Regular la Succión de Agua en Sistemas Industriales | 98 |
| 7 | DEFINICIÓN PRELIMINAR DE UNA NORMATIVA PARA SUCCIÓN O CAPTACIÓN DE AGUA EN CHILE | 100 |
| 7.1 | Objetivo de Protección Ambiental y Objeto de Regulación | 100 |
| 7.2 | Ámbito Territorial de la Norma..... | 102 |
| 7.3 | Aspectos Propuestos a Definir | 102 |
| 7.3.1 | Requerimientos para Reducir el Riesgo e Impacto de Atrapamiento de Organismos | 102 |
| 7.3.2 | Requerimientos para Reducir los Efectos de Arrastre de Organismos..... | 104 |
| 7.4 | Plazo de Implementación..... | 107 |
| 8 | ALTERNATIVAS DE GESTIÓN Y DE REGULACIÓN ASOCIADAS A LA DESCARGA DE AGUA..... | 108 |
| 8.1 | Revisión de Normativa Internacional Respecto a la Descarga de Agua..... | 113 |
| 8.1.1 | Clean Water Act (US EPA) | 113 |
| 8.1.2 | Integrated Pollution Prevention and Control Directive (Comunidad Europea)..... | 116 |
| 8.1.3 | Respecto del Planteamiento de Definición de Zona de Mezcla..... | 120 |
| 8.1.4 | Respecto del Planteamiento de Exigencias en la Regulación Internacional de Desalinización | 122 |
| 9 | PLANTEAMIENTO CONSIDERACIONES GENERALES A LA NORMATIVA DE DESCARGA EN CHILE | 124 |

| | | |
|------|---|-----|
| 10 | COMENTARIOS FINALES..... | 130 |
| 11 | ANEXO N° 1: Encuesta I | 135 |
| 12 | ANEXO N° 2: Encuesta II | 136 |
| 13 | ANEXO N° 3: Listado de centrales termoeléctricas incluidas en el catastro | 139 |
| 14 | ANEXO N° 4: Aspectos Normativos Vigentes en Chile..... | 140 |
| 14.1 | Revisión de Aspectos Regulatorios Vigentes Asociados al Ministerio de Medio Ambiente..... | 140 |
| 14.2 | Revisión de Aspectos Regulatorios Asociados al Ministerio de Energía..... | 145 |
| 14.3 | Revisión de Aspectos Regulatorios Asociados al Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción..... | 146 |
| 14.4 | Revisión de Aspectos Regulatorios Asociados al Ministerio de Defensa..... | 147 |
| 15 | ANEXO N° 5: Otras Secciones Relevantes de la Norma 316(b) | 148 |
| | a.) 40 CFR Sección § 125.92: Special Definitions | 148 |
| | b.) 40 CFR Sección § 125.98: Director Requirements | 152 |
| 16 | ANEXO N° 6: Factores de Planta de Centrales con Ciclos a Vapor en Chile | 157 |
| 17 | ANEXO N° 7: Cuantificación del Desempeño de Velocity Caps en Estados Unidos (Southern California)..... | 158 |
| 18 | ANEXO N° 8: Memo 1 – Fish Protection Technologies for Reducing Entrainment Commesurate with Closed Cycle Cooling | 162 |
| 19 | ANEXO N° 9: Memo 2 – Best Practices Regarding Flow Velocity as an Intake Performance Criterion | 173 |
| 20 | ANEXO N° 10: Memo 3 – Best Practices to Define and Measure Mixing Zones..... | 177 |
| 21 | ANEXO N° 11: Memo 4 – Industry/Activity Specific Discharge Standard | 181 |
| 22 | ANEXO N° 12: Memo 5 – Memo Providing Responses to Questions Posed by Inodu on October 29, 2015 | 186 |
| 23 | ANEXO N° 13: Memo 6 –Termoclina y Velocidades de Captación | 192 |
| 24 | ANEXO N° 14: Memo 7 –The Performance Impacts of Retrofitting an Existing Once Through Cooling System with a Closed Loop Cooling Tower | 198 |
| 25 | ANEXO N° 15: Memo 8 – Entrainment Study Components Memo | 203 |
| 26 | ANEXO N° 16: Uso de Agua en la Minería | 207 |
| 27 | ANEXO N° 17: Tablas Guía de la CONAMA | 209 |
| 28 | Bibliografía | 214 |

1 RESUMEN

Este reporte tiene por objeto presentar ciertos aspectos necesarios para mejorar la normativa ambiental vigente respecto a la succión y descarga de agua que realizan diversas industrias, entre ellas las centrales termoeléctricas. El proyecto responde a los términos de referencia definidos mediante la RE N° 157 A del Ministerio de Energía (2015) y los objetivos planteados en la Agenda de Energía que el Ministerio desarrolló durante el año 2014.

Durante la ejecución del proyecto se realizó una entrevista a empresas representativas de distintas industrias. En el Capítulo 3 se presenta un levantamiento de información sobre los procesos industriales que captan y descargan agua de aguas territoriales y marítimas, particularmente la industria de generación termoeléctrica y desalinización.

En el Capítulo 4 se elaboran los aspectos comunes en la naturaleza de la Fuente de Estrés y sus efectos en los Objetivos de Protección Ambiental que permiten formular un modelo conceptual y genérico para facilitar la fundamentación del Objetivo de Protección Ambiental, los requerimientos y resultados esperados de la propuesta de norma de succión.

En el Capítulo 5 se presentan aspectos normativos relacionados a la captación y descarga de agua en Chile. Se concluye que, actualmente, el Ministerio de Medio Ambiente no contaría con los instrumentos necesarios para plantear una normativa integral en materia de captación de agua. Sin embargo, se concluye que una normativa integral en esta línea sí podría ser planteada a través de la Subsecretaría de Pesca, eventualmente en conjunto con Directemar.

Las alternativas de gestión y regulación asociadas a la captación de agua se revisan en el Capítulo 6. Se presentan diversas opciones tecnológicas orientadas a reducir el atrapamiento y arrastre de organismos. Se analiza la necesidad de definir la velocidad de captación, diferenciando los conceptos de velocidad de captación a través de la malla y "*approach velocity*". Además se revisa el concepto de termoclina y su eventual relevancia en la definición de emplazamiento adecuado para la succión. Respecto de la revisión de la normativa internacional, se trata principalmente la regulación vigente en Estados Unidos (316b) y Europa.

En el Capítulo 7 se presenta la definición preliminar de la norma de succión, incluyendo todos los elementos con el objeto de reducir el riesgo e impacto de afectación de organismos hidrobiológicos. La propuesta de norma incluye la definición de un objetivo de protección ambiental y objeto de regulación (indicada en el recuadro); la definición del ámbito territorial de aplicación de la norma; y la definición de los requerimientos para reducir el riesgo e impacto derivado de atrapamiento y arrastre de organismos.

Objetivo de la Propuesta de Norma de Succión

Proteger la integridad de las especies hidrobiológicas y sus ecosistemas, particularmente aquellos recursos hidrobiológicos, minimizando el riesgo ambiental derivado de la captación de agua que realizan instalaciones industriales en aguas marítimas y terrestres superficiales.

Con el objeto de facilitar la conservación, el uso sustentable y la salvaguarda de los recursos hidrobiológicos y los ecosistemas marinos en que existan estos recursos, se requiere que:

- El emplazamiento del sistema de captación de agua en instalaciones industriales nuevas o en la ampliación de instalaciones industriales existentes presente un adecuado criterio de selección de su emplazamiento, balanceando aspectos ambientales, técnicos y económicos.
- Los sistemas de captación de agua en instalaciones industriales nuevas, ampliación de instalaciones industriales existentes e instalaciones industriales existentes cuenten con la mejor tecnología y práctica de operación disponible para minimizar el riesgo e impacto ambiental derivado del Atrapamiento y Arrastre de recursos hidrobiológicos.

Este objetivo se aplica a sistemas industriales que retiren al menos 7500 m³/día de aguas marítimas o terrestres superficiales, e incluye a los operadores de sistemas de captación que sólo provean agua a otro sistema industrial.

Para cumplir con el objetivo propuesto, se establecen requerimientos para el desarrollo de estudios de caracterización de emplazamiento y de arrastre. Adicionalmente se establecen requerimientos independientes que otorgan flexibilidad al operador de la instalación en el cumplimiento de estándares u objetivos de reducción de riesgo de atrapamiento y arrastre de especies hidrobiológicas.

Las alternativas de gestión y regulación asociadas a la descarga de efluentes se revisan en el Capítulo 8. En el Capítulo 9 se sintetizan las consideraciones generales asociadas a la normativa de descarga. En este contexto se presentan diversos aspectos asociados a: la definición de límites a nuevos contaminantes en la Resolución Exenta que aprueba el anteproyecto de la norma DS 90; la definición del ámbito de aplicación del DS 90; la definición de límites máximos de temperatura de descarga; el planteamiento de una norma que indique requerimientos para definir una zona de dilución; la necesidad de avanzar en la definición de normas de calidad para los cuerpos de agua; y algunos aspectos asociados a una eventual prohibición de dilución del efluente propuesto en el anteproyecto de norma DS 90. Finalmente, se indica que la co-localización de sistemas de generación termoeléctrica con sistemas de desalinización puede tener diversos efectos que contribuyen a un desarrollo más sostenible de ambas actividades que es recomendable evaluar.

El Capítulo 10 presenta una síntesis de los comentarios finales asociados al desarrollo del proyecto. Finalmente, se incluyen diversos capítulos anexos que contribuyen a fundamentar parte de los análisis realizados.

2 OBJETIVOS Y ACTIVIDADES

Este estudio tiene la intención de generar una propuesta de regulación ambiental que minimice los impactos ambientales generados por los sistemas de refrigeración de centrales termoeléctricas y otros sectores cuyos procesos industriales succionan agua de cursos naturales y realizan descargas a cursos de agua.

Objetivos específicos:

1. Desarrollar una propuesta de normativa ambiental que contenga todos los aspectos necesarios para regular los impactos ambientales que producen las industrias, entre ellas las centrales termoeléctricas, al succionar agua de cursos naturales y realizar descargas a cursos de agua.
2. Desarrollar un taller con empresas termoeléctricas y servicios públicos respecto a sistemas de refrigeración y, eventualmente, complementar dicho taller con una visita a terreno a centrales de generación termoeléctrica en la región de Valparaíso para conocer los distintos sistemas de refrigeración utilizados.

Para ello, los términos de referencia definidos mediante la RE N° 157 A del Ministerio de Energía (2015) definen las siguientes actividades:

| | |
|-----------|---|
| Informe 1 | 1. Analizar, identificar y describir el universos de industrias/actividades en Chile que succionan agua de cursos naturales y descargan a cursos de agua en sus procesos |
| | 2. Identificar y fundamentar los impactos ambientales que puedan producir las industrias/actividades identificadas en el punto anterior, sobre las personas, la diversidad biológica u otros elementos del medio ambiente |
| | 3. Revisar la normativa internacional que regule la succión y descarga de procesos industriales |
| | 4. Definir y fundamentar el objetivo de protección ambiental y los resultados esperados con la aplicación de la norma |
| | 5. Definir el ámbito territorial de la norma |
| | 6. Definir y fundamentar el/los objetivo/s de regulación |
| | 7. Definir y fundamentar los parámetros a regular |
| Informe 2 | 8. Identificar tecnología y procedimientos existentes en Chile o el extranjero que permitan controlar los parámetros propuestos para regular |
| | 9. Proponer valores mínimos o máximos, según corresponda, para los parámetros a regular seleccionados en el punto anterior, que sean factibles de alcanzar con tecnologías o mejoras de procedimientos. Entregar dichos valores en 3 propuestas de escenarios de regulación |
| | 10. Señalar los plazos y niveles programados para el cumplimiento de la norma y vigencia de la misma |
| | 11. Identificar y describir metodologías de medición y control |

3 INDUSTRIAS QUE SUCCIONAN Y DESCARGAN AGUA DE AGUAS TERRITORIALES Y MARÍTIMAS EN CHILE

Es posible observar una diversidad importante de instalaciones industriales que retiran y descargan agua de aguas territoriales y marítimas en Chile. Actualmente, el sector de generación termoeléctrica es el usuario más importante de agua de mar en el país, con un retiro de agua potencial superior a 530 mil m³/hora (más información en sección 3.4)¹. Adicionalmente otros sectores industriales tales como refinerías de petróleo, terminales de GNL, plantas de celulosa, plantas de desalinización, pesqueras, sistemas de captación de agua para minería, entre otras también son usuarios importantes de agua en el país. En algunos de los sectores mencionados anteriormente no se espera un crecimiento significativo en los próximos años. No obstante, se proyecta un crecimiento importante en el número de plantas de desalinización y sistemas extracción de agua de mar para la minería.

Con el objeto de lograr un mejor entendimiento del volumen de agua captado, el sistema de captación de agua utilizado, y el uso del agua en los procesos, se realizó un levantamiento de información sobre los procesos industriales que retiran y descargan agua de aguas territoriales y marítimas. Para ello se realizaron encuestas a distintas agrupaciones industriales entre las cuales se encuentra el sector minero; de generación; química/petroquímica; siderúrgica; agroindustria; servicios sanitarios; forestal; desalinización². El detalle de la encuesta enviada se presenta en el Anexo 1 y Anexo 2. El levantamiento de información sobre la descarga industrial se abordó mediante el análisis de las concentraciones de las descargas normadas por el DS90/2000 informadas por la SMA..

Se utilizó como referencia los antecedentes levantados en el estudio “Antecedentes Técnicos, Económicos, Normativos y Ambientales de Tecnologías de Centrales Termoeléctricas y Sus Sistemas de Refrigeración.” En dicho estudio sólo se enfocó la recolección de datos a unidades que cuenten con ciclos a vapor y desarrollen la generación de electricidad como función primaria.

En esta sección se presentan antecedentes de sistemas de generación termoeléctricos con ciclos a vapor y sistemas de desalinización de osmosis inversa. En el Anexo 16 se sintetiza algunos aspectos levantados del sector minero, principalmente mediante una encuesta realizada a Cochilco.

¹ De acuerdo a datos facilitados por Cochilco, el año 2014, la Minería retiró aproximadamente 5500 m³/hora de agua de mar (Detalles en Anexo 16).

Adicionalmente, si se analiza el total las plantas de desalinización que han pasado por el Sistema de Evaluación Ambiental (no sólo las construidas) se observa un potencial total de retiro de agua equivalente a 100 mil m³/hora.

² Estos sectores se consideran representativos de las principales actividades industriales del país que hacen uso de agua. En una primera etapa se consultó si retiraban más de 1000 m³/día de agua desde algún cuerpo de agua. En una segunda etapa, sólo a aquellas empresas que informan que retiran más de 1000 m³/día se les envió una segunda encuesta para levantar más información que caracterice el proceso y el uso de agua. Esta metodología es similar a la que utilizó la US EPA en etapas tempranas del desarrollo de la norma 316(b).

3.1 Antecedentes Generales Respecto de la Captación de Agua

La función del sistema de captación de agua es extraer agua y entregarla a él o los usuarios de esta de manera confiable y con la mejor calidad posible. Una estructura de captación de agua es un componente de un sistema de enfriamiento de una planta termoeléctrica o de una planta de desalinización, y como tal debe ser consistente — y estar adaptado — a sus necesidades.

El sistema de toma de agua debiera ser diseñado para asegurar un abastecimiento constante de agua, con limitadas fluctuaciones temporales. El agua debe estar libre de desechos, sedimento, algas, y organismos acuáticos que pueden afectar el correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento o desalinización.

El diseño de sistemas de captación de agua requiere de consideraciones hidráulicas para llegar a un concepto de diseño que permita obtener y entregar agua económicamente y con impacto ambiental aceptable dentro del contexto regulatorio y social de la región. El sistema de captación de agua también debiera proteger a peces y otros organismos acuáticos de ser atrapados o arrastrados por la estructura de captación de agua (UNESCO, 1979). Para cumplir este objetivo, diversos sistemas son utilizados para proteger al sistema de captación y a los organismos acuáticos (Taft E. , 2000) (US EPA, 2014), los cuales se revisan en la Sección 6.1.3.

La Figura 1 ilustra dos tipos de sistemas de captación comúnmente utilizados para plantas termoeléctricas: sistema de captación en línea costa y sistema de captación fuera de la línea costa.

Los sistemas de captación fuera de la línea de la costa con ducto por sobre la superficie del agua son llamados sifones invertidos. En ellos el agua es retirada por un ducto que se extiende desde la línea costa hacia el mar, el cual se sumerge verticalmente en su extremo de captación. El agua captada es conducida por efecto vaso comunicante hacia una estación de bombeo ubicada en la costa, desde la cual se impulsa el agua hasta la central. La abertura de captación, o campana de succión del sifón, es protegida con una reja simple, malla perimetral, u otro sistema de protección para evitar el ingreso de organismos acuáticos de mayor tamaño.

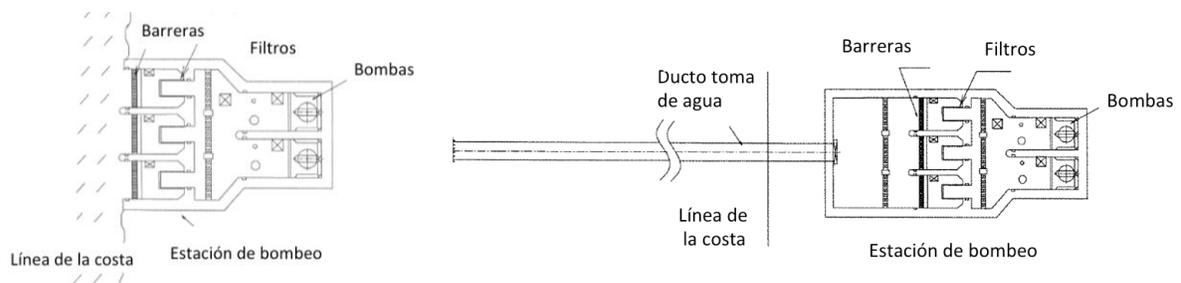


Figura 1: Diagrama estructural de un sistema de captación. Vista superior (Kit Y. Ng 2005)

En la captación fuera de línea de costa con ducto sumergido, el agua es retirada a través de aberturas ubicadas en aguas bajo la superficie, y es transportada a través de conductos gravitacionales, tubos, o túneles, hacia un pozo de bombeo ubicado en la costa. En este caso la abertura sumergida

típicamente toma la forma de un *velocity cap* o una torre de captación (Kit Y. Ng 2005). Estos sistemas tienen una mayor complejidad de reparación.

La Tabla 1 sintetiza una comparación en términos cualitativos de los distintos sistemas de captación utilizados tanto para plantas termoeléctricas como para sistemas de desalinización (Pankratz, 2015)³. Para mayores antecedentes de sistemas de captación en sistemas de desalinización se recomienda revisar (Missimer, Jones, & Maliva, 2015) (Hogan, Fay, Lattemann, Beck, & Pankratz, 2014).

³ En la tabla, el concepto de calidad de agua entregada al proceso se refiere a la capacidad del sistema de captación de proveer un agua libre de sedimentos, algas, y organismos al proceso. En general, los sistemas de desalinización de osmosis reversa tienen requerimientos de calidad de agua de entrada más altos que los sistemas de generación termoeléctrica. De hecho, los sistemas de captación en la línea de la costa con pantalla metálica no son utilizados en sistemas de desalinización de osmosis reversa producto principalmente a la baja calidad del agua que pueden entregar al proceso.

Adicionalmente, los costos de inversión están indicados como bajo, moderado o alto en términos relativos de un sistema de captación con requerimientos equivalentes, pero en distintas tipologías. De esta forma, un sistema de captación de tipo galería de infiltración es más costoso que un sistema de requerimientos equivalentes, pero ubicado fuera de la línea de la costa con torre de captación.

Tabla 1: Síntesis de distintas arquitecturas de sistemas de captación de agua y sus atributos [Adaptado de (Pankratz, 2015)]

| | Pozo vertical | Galería de infiltración | Fuera de la línea de la costa con pantalla pasiva | Fuera de la línea de la costa con torre de captación o velocity cap | En la línea de la costa, con pantalla mecánica |
|--|--|---|---|---|---|
| Uso en generación termoeléctrica | X | X | ✓ | ✓ | ✓ |
| Uso en desalinización | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | X |
| Factibilidad | Limitada por la geología local | Limitada por la hidrogeología y las condiciones del mar | Moderado-alta | Alta | Alta |
| Calidad agua alimentación entregada al proceso | Alta | Alta | Moderada-alta | Moderado | Baja |
| Implicaciones ambientales | No presenta atrapamiento y arrastre de organismos | No presenta atrapamiento y arrastre de organismos. Impacto en su construcción | No tiene atrapamiento de organismos si el agua es captada a baja velocidad; arrastre bajo | Bajo atrapamiento, arrastre moderado | Tiene atrapamiento y arrastre gestionable |
| Flexibilidad | Baja. Limitaciones de espacio pueden limitar mejoras | Baja | Limitaciones se pueden mejorar agregando pantallas | Moderado | Moderado |
| Confiabilidad | Los pozos pueden ser reacondicionados y/o se pueden agregar nuevos | Difícil de predecir. La limpieza puede ser marginalmente efectiva | El taponamiento puede ser monitoreado y su limpieza efectiva | El taponamiento puede ser monitoreado y su limpieza efectiva | El taponamiento puede ser monitoreado y su limpieza efectiva |
| Susceptibilidad de operar anomalías | Baja | Baja | Moderadamente vulnerable a las medusas y proliferación de algas | Moderadamente vulnerable a la proliferación de algas | Moderadamente a altamente vulnerable a las medusas y proliferación de algas |
| Mantenimiento | Bajo | Si se requiere. Puede ser importante | Tubería de succión 1 ó 2 x año. Inspeccionar las pantallas cada 3 meses | Tubería de succión 1 ó 2 x año. Mantenimiento según sea necesario | Mantenimiento a las pantallas según sea necesario |
| Riesgo de construcción | Moderado | Alto | Bajo-moderado | Bajo-moderado | Bajo |
| Costo de capital | Bajo-moderado | Alto | Moderado-alto | Moderado-alto | Moderado |

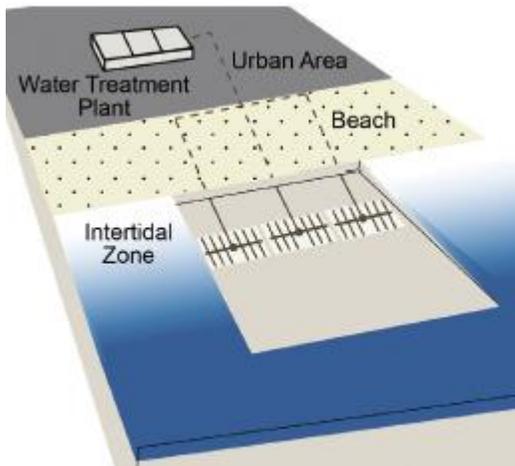
La Figura 2 ilustra distintos tipos de sistemas de captación. Para mayor información sobre los sistemas de captación fuera de la línea de la costa con pantalla pasiva o torre de captación se puede revisar la Sección 6.1.3.



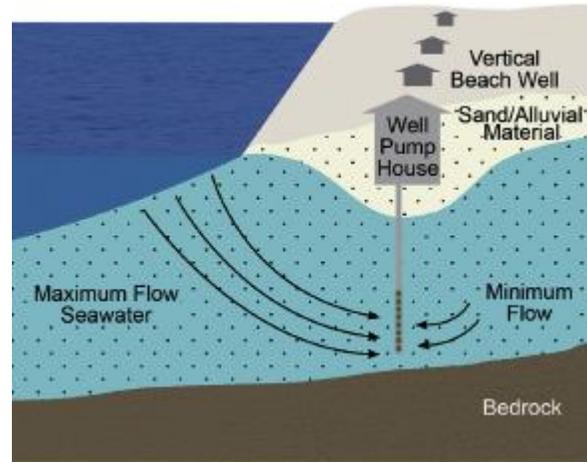
Sistema de captación en la línea de la costa



Sistema de captación en la línea de la costa con dique poroso



Sistema de captación con galería de infiltración



Sistema de captación con pozo vertical

Figura 2: Ilustración de distintos tipos de sistemas de captación de agua (Missimer, et al., 2013) (Hogan, Fay, Lattemann, Beck, & Pankratz, 2014)

La estandarización de un concepto que sea factible para todas las posibles locaciones no es un objetivo práctico (Alsaffar & Zheng, 2007) (UNESCO, 1979). Sin un conocimiento de las condiciones específicas del sitio donde se instalará el sistema de toma de agua, no es posible seleccionar un concepto de manera confiable. Realizar supuestos, sin un estudio acabado, puede inducir estimaciones de tiempo de construcción y costos errados.

Finalmente, respecto del propósito de la succión de agua en procesos industriales, es importante distinguir entre retiro, uso, y consumo de agua. El retiro de agua tiene relación con la cantidad de agua que se extrae del cuerpo de agua en un determinado periodo de tiempo. El uso de agua corresponde a la cantidad de agua que el proceso industrial necesita para su operación durante un determinado periodo de tiempo. El consumo de agua se define como la cantidad de agua que no retorna al cuerpo de agua producto de evaporación.

3.2 Antecedentes Generales Respecto al Retiro, Uso y Descarga de Agua en Plantas Termoeléctricas con Ciclos de Vapor

La disponibilidad y utilización de agua para sistemas de generación termoeléctrica está determinando qué proyectos se desarrollan en distintas regiones del país. El enfriamiento es el factor principal que explica el uso de agua en centrales termoeléctricas. La cantidad de agua requerida para enfriamiento depende del tamaño de la central, su eficiencia, y el tipo de sistema de enfriamiento — independiente del tipo de combustible utilizado. El desafío asociado al nexo entre la energía y el agua depende del contexto regional.

Dependiendo de la arquitectura de la central termoeléctrica, el tipo de componentes utilizados y mecanismo de gestión de descarga, existen distintos factores que contribuyen a definir el retiro y la descarga de agua de una central. La Figura 3 ilustra dos arquitecturas de centrales termoeléctricas y dos opciones de sistemas de refrigeración.

3.2.1 Relación entre el Sistema de Enfriamiento y el Retiro de Agua

El sistema de enfriamiento de una central termoeléctrica condensa el vapor a la salida de la turbina de vapor, para que luego éste sea restituido a la caldera en forma de agua (Figura 3). La función primaria del sistema de enfriamiento es mantener la presión a la salida de la turbina en niveles cercanos a la presión de diseño, y minimizar los incrementos de presión de salida ante condiciones ambientales adversas (alta temperatura y humedad). Por lo tanto, el sistema de enfriamiento debe ser diseñado y operado consistentemente con las necesidades de la turbina de vapor de la central (GE, 1996).

El condensador es un tipo de intercambiador de calor en el cual el vapor pasa a estado líquido al remover el calor latente con la ayuda de un refrigerante. Para lograr la condensación del vapor se puede utilizar agua como refrigerante (sistema húmedo) o aire (sistema seco)⁴. Como consecuencia de la transferencia de calor que se produce en el condensador se aumenta la temperatura del refrigerante.

Existen distintos tipos de sistemas de enfriamiento los cuales se ilustran en la Figura 4. Un **sistema húmedo abierto de enfriamiento**, también llamado de paso único, circula agua fría hacia el

⁴ Las centrales termoeléctricas pueden poseer otros sistemas de enfriamiento auxiliares que utilizan agua. Estos representan entre un 4% y un 8% del agua de enfriamiento (IPPC, 2001)

condensador desde un cuerpo de agua (mar, lago, o río) y la descarga al mismo cuerpo de agua a una mayor temperatura. La cantidad de agua requerida para condensar el vapor y el aumento de temperatura del agua, dependerá del tipo de central, sus características de diseño, y la temperatura del agua captada; lo anterior es independiente del tipo de combustible utilizado. Los requerimientos de agua pueden llegar a ser 190 m³/MWh, y el aumento de temperatura entre 8°C a 16°C (EPRI, 2013)⁵.

En un **sistema húmedo cerrado de recirculación** también se utiliza agua como refrigerante en el condensador. Sin embargo, el agua no es descargada en su totalidad a un cuerpo de agua si no que es enfriada en algún componente de enfriamiento hasta la temperatura adecuada para ser recirculada hacia el condensador, donde se repite el proceso de condensación. Los componentes de enfriamiento del agua pueden ser torres, estanques (naturales o artificiales), o canales de enfriamiento.

El enfriamiento del agua en el componente de enfriamiento — tipo torre — se realiza principalmente por la evaporación de una pequeña proporción del agua (1-2%), por tanto la cantidad de agua evaporada debe ser repuesta al sistema cerrado. No obstante, el volumen de agua de reposición en una torre de enfriamiento es menor que el volumen de agua retirada por un sistema húmedo abierto; se observa generalmente una reducción de 70% a 90% dependiendo de la gestión que se realice a la torre de enfriamiento (ciclos de concentración).

Los **sistemas de enfriamiento seco** pueden ser del tipo directo, en los cuales se utiliza un condensador enfriado por aire (llamado aerocondensador), o del tipo indirecto, en los cuales el condensador utiliza agua de enfriamiento, al igual que en los sistemas húmedos, pero el agua es enfriada en torres de enfriamiento secas.

Los sistemas secos directos no retiran ni consumen agua. Solo se utiliza una pequeña cantidad de agua para limpieza del sistema una o dos veces al año (EPRI, 2013). Su desempeño está limitado por la temperatura del ambiente lo cual se traduce en pérdidas de eficiencia de la central durante periodos calurosos⁶. Por otro lado, estos sistemas tienen costos de inversión y operación mayores que un sistema de enfriamiento húmedo.

⁵ Para una central térmica a carbón de 350 MW, los requerimientos de agua podrían llegar a ser hasta 66500 m³/hora, lo que depende de los parámetros de diseño de la central, temperatura de agua succionada y elevación máxima de temperatura permitida en la descarga.

⁶ Esto se debe a que en periodos calurosos la temperatura de condensación del vapor es mayor, y por lo tanto también lo es la presión de salida de la turbina a vapor, la cual está en directa relación con la eficiencia de la central.

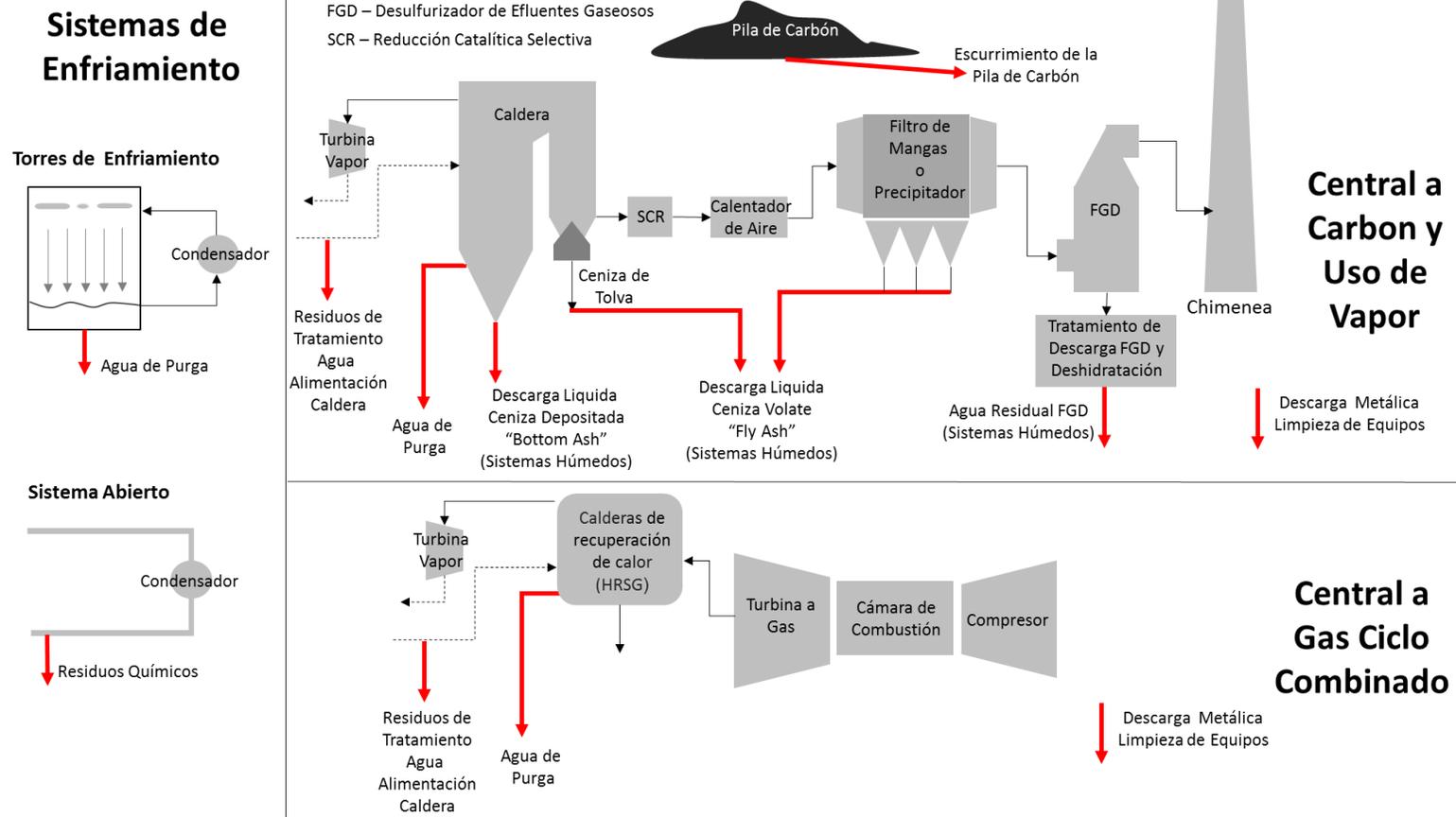


Figura 3: Descargas líquidas generadas en plantas termoeléctricas de gas ciclo combinado y central de carbón a vapor (The Babcock & Wilcox Company, 2015) (U.S. EPA, 2013)⁷

⁷ En la Figura, las flechas de color rojo indican potenciales descargas de agua que se pueden producir en los distintos sistemas de una central termoeléctrica. Las flechas de color gris ilustran otros flujos o interacciones típicos del proceso de generación.

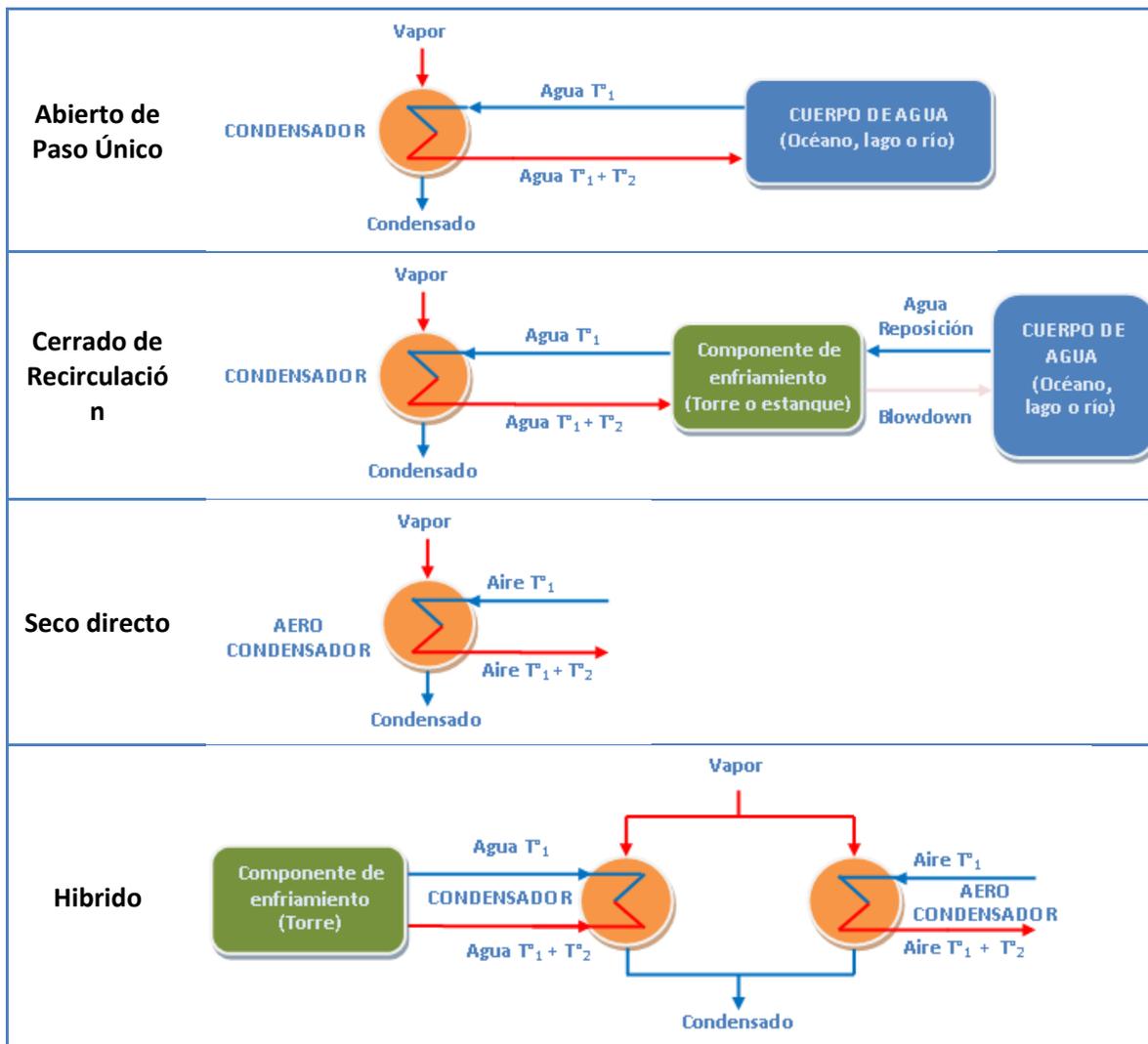


Figura 4: Representación esquemática de diferentes sistemas de refrigeración.

En ciertas localidades con características particulares de acceso de agua para enfriamiento se han comenzado a utilizar sistemas secos. Debido a que la mayoría de las centrales en Estados Unidos se desarrollan en el interior, donde se requiere de agua dulce para enfriamiento, la dificultad de obtener permisos y la percepción pública han restringido de manera significativa la consideración de los sistemas abiertos de paso único (EPRI 2013, p2-1). No obstante, la US EPA mantiene abierta la posibilidad de utilizar sistemas abiertos de paso único en la medida que se respete ciertos requerimientos de atrapamiento y arrastre de organismos, y afectación del medio ambiente. Estos sistemas también son recomendados en países de Europa (por ejemplo, Inglaterra) y Japón.

Finalmente, los **sistemas de enfriamiento híbridos** son aquellos que incorporan componentes tanto de un sistema de enfriamiento húmedo como de un sistema de enfriamiento seco. De esta forma el sistema funciona como uno seco durante el periodo del año en que las condiciones meteorológicas son favorables para lograr una eficiencia aceptable de la central, y como uno húmedo en los

periodos del año más calurosos donde el desempeño de un sistema seco se reduce (EPRI 2013). Con esto se logra utilizar menos agua durante todo el periodo sin sacrificar significativamente la eficiencia de la central en periodos calurosos.

Estos sistemas son generalmente diseñados para consumir entre un 30% a 70% menos agua que un sistema húmedo cerrado de recirculación. Aquellos diseñados para consumir un 50% menos de agua, podrían tener un costo de entre un 75% a 90% del costo de un sistema de enfriamiento seco (ASME 2014). En años recientes el interés por sistemas de enfriamiento híbridos ha aumentado, aunque al año 2012 solo unos pocos han sido instalados en los Estados Unidos (EPRI, 2012).

El sistema de enfriamiento abierto de paso único debería ser preferido en centrales ubicadas en la costa. Esto debido a (1) la mayor eficiencia térmica asociada a la utilización de este sistema; y (2) la mayor utilización de químicos asociada a la operación de torres de enfriamiento comparado con la utilización de químicos en sistemas abiertos de paso único, lo cual produce un aumento en la complejidad del tratamiento y monitoreo de los efluentes.

Es posible definir casos particulares de centrales termoeléctricas localizadas en regiones costeras en que el uso de torres de enfriamiento podría ser más eficiente, particularmente cuando el emplazamiento de la central se encuentra a una elevación equivalente a unas decenas de metros por sobre el emplazamiento del punto de retiro de agua⁸. En Chile, a diciembre de 2014, se observan dos unidades localizadas en la costa con sistemas de enfriamiento cerrado con torres de enfriamiento (Central Angamos).

De acuerdo a información publicada por el servicio de evaluación ambiental, la utilización de torres de enfriamiento en Central Angamos permitió no solo la reducción de la longitud del ducto de descarga de 380 a 77 metros, sino también su diámetro de 2.100 a 1.100 mm. Adicionalmente, la operación del sistema de enfriamiento cerrado permitió disminuir el caudal de captación de agua de mar en aproximadamente un 90% respecto a un diseño funcionalmente equivalente en sistema de enfriamiento abierto (SEA).

De acuerdo a los antecedentes presentados en el estudio “antecedentes técnicos, económicos, normativos y ambientales de tecnologías de centrales termoeléctricas y sus sistemas de refrigeración,” publicado por la Subsecretaría de Energía de Chile (Inodu, 2014)⁹, en el contexto chileno, donde las centrales se ubican en regiones costeras, el principal desafío debiera orientarse a dar una mayor certidumbre al uso de agua de mar para la operación de sistemas de refrigeración abiertos, utilizando sistemas de protección y descarga diseñados, operados y mantenidos adecuadamente. Este mecanismo es el más apropiado en términos de lograr un aprovechamiento

⁸ El valor depende de la cantidad de agua utilizada, costo de la energía, el balance entre costo de inversión y eficiencia operacional, la tasa de descuento con que se evalúa el proyecto; y otros posibles beneficios asociados al proyecto de reducción de flujo de agua retirado para enfriamiento.

⁹ <http://www.minenergia.cl/documentos/estudios/2014/estudio-de-antecedentes-tecnicos.html> (última vez accedido en noviembre de 2015)

de un medio de refrigeración abundante y eficiente para el uso del recurso energético, tanto desde la perspectiva ambiental como económica.

Lo indicado anteriormente está alineado no sólo con los objetivos de desarrollo sustentable de proyectos de generación termoeléctricos que provean energía segura y económica al país, sino también con objetivos de eficiencia energética como política de Estado, ambos definidos por el Ministerio de Energía en la Agenda de Energía.

Respecto al Uso de Químicos en Sistemas de Enfriamiento

Durante la operación de la central es importante mantener la capacidad de transferencia de calor del sistema de enfriamiento. Debido a su exposición al agua de mar y los organismos presentes en ella, es posible que se produzca formación biológica en la sección del condensador expuesta al agua de enfriamiento. Para mantener el sistema lo suficientemente limpio de manera de garantizar una operación eficiente de la central se pueden utilizar distintos elementos de gestión, entre ellos el uso de biocidas, donde la práctica más común consiste en la inyección de cloro.

En torres de enfriamiento, debido a la recirculación y evaporación de agua, se podría producir concentración de componentes en el agua de refrigeración. Adicionalmente, el uso de agua de mar podría producir corrosión de algunos elementos; para lo cual el uso de químicos también es una medida de gestión posible (más antecedentes en Sección 4.2.2).

3.2.2 Relación de Otros Sistemas de una Central Termoeléctrica con el Uso y Descarga de Agua

La reducción o eliminación total de descargas de agua producto de usos no relacionados a la refrigeración corresponde a un objetivo central en la industria de generación termoeléctrica (The Babcock & Wilcox Company, 2015). Las tecnologías empleadas para controlar la descarga de contaminantes al agua incluye el uso de sistemas diseñados para transferir, contener y tratar descargas de agua. Los factores que influyen el grado en que estas tecnologías son utilizadas son: límites a la descarga de contaminantes, el tipo de sistema de control de contaminantes, y la existencia de limitaciones de espacio.

Como se ilustró en la Figura 3, en una central termoeléctrica a carbón el agua puede interactuar con el proceso en diversas etapas, no relacionadas al proceso de enfriamiento. La interacción entre el agua y el proceso puede estar dada por: transporte de ceniza volante (fly ash), transporte de ceniza depositada (bottom ash), descarga líquida del desulfurizador, descarga líquida del sistema de control de emisiones de mercurio, lixiviación y escurrimiento en el vertedero y laguna de decantación, escurrimiento en pilas a carbón, y otras descargas de bajo volumen. No obstante, el uso de agua, y el tipo y cantidad de contaminantes que se encuentren en el efluente líquido depende de diversos factores como el tipo de combustible utilizado, la configuración de la caldera, las tecnologías de control de emisiones atmosféricas, y los medios de gestión de descarga utilizados (The Babcock & Wilcox Company, 2015) (U.S. EPA, 2013).

3.3 Antecedentes Generales Respecto al Retiro, Uso y Descarga de Agua en Sistemas de Desalinización de Osmosis Inversa

En Chile se utilizan sistemas de desalinización de osmosis inversa. El proceso de desalinización de osmosis inversa utiliza una membrana semipermeable y un sistema que induce presión hidráulica para separar el agua de sólidos disueltos. El nivel de recuperación del sistema depende de su arquitectura, y está limitado generalmente a 50%.

En un sistema de desalinización, a mayor eficiencia del proceso, mayor porcentaje de recuperación y por lo tanto mayor concentración de la salmuera. También se tiene un menor volumen de agua retirada desde el cuerpo de agua para el mismo objetivo de producción.

De una manera similar a los desafíos presentes en sistemas industriales que utilizan refrigeración por agua de mar, los principales desafíos operacionales en un sistema de osmosis inversa tienen relación con: formación biológica por organismos presentes en el agua de alimentación; incrustación por partículas en suspensión; oxidación; entre otros.

Es necesario que estos aspectos sean resueltos en sistemas de pre tratamiento de agua. El tipo y la cantidad de pre tratamiento del agua para desalinización dependen de la calidad del agua retirada desde el cuerpo de agua y del proceso de desalinización. Debido a cambios en las condiciones del tiempo o floración de algas, los sistemas que toman agua sobre el fondo del mar o en menores profundidades están afectos a una mayor variabilidad en la calidad del agua succionada. En este caso, el sistema de pretratamiento puede ser más complejo y costoso. La siguiente figura ilustra la arquitectura de un sistema de desalinización de osmosis inversa.

La característica de la descarga de una planta de desalinización depende de diversos factores, entre los cuales se encuentra: la calidad del agua de entrada a la planta, el tipo de sistema de pretratamiento, el uso de aditivos, la tasa de recuperación de agua, el régimen de operación de la planta, y el flujo de agua (Safari & Zask, 2008) (Lattemann, 2010). La Tabla 2 presenta una lista de casos de sistemas de desalinización en distintas partes del mundo, indicando el flujo de agua captado, el flujo de agua descargado, y la salinidad de la descarga. Los casos donde el flujo de agua de descarga es mayor a la captación corresponden a sistemas híbridos, donde se permite la dilución de la salmuera con agua de enfriamiento de una planta termoeléctrica¹¹.

¹¹ En Israel, las plantas de desalinización se han ubicado en conjunto con otra infraestructura que utilice el borde costero (por ejemplo: sistemas de generación termoeléctricos). Esto ha permitido evitar impactos de áreas recreacionales. También permite optimizar el uso de infraestructura y, eventualmente, diluir la descarga de salmuera a razones 1:10 (Tal, 2011).

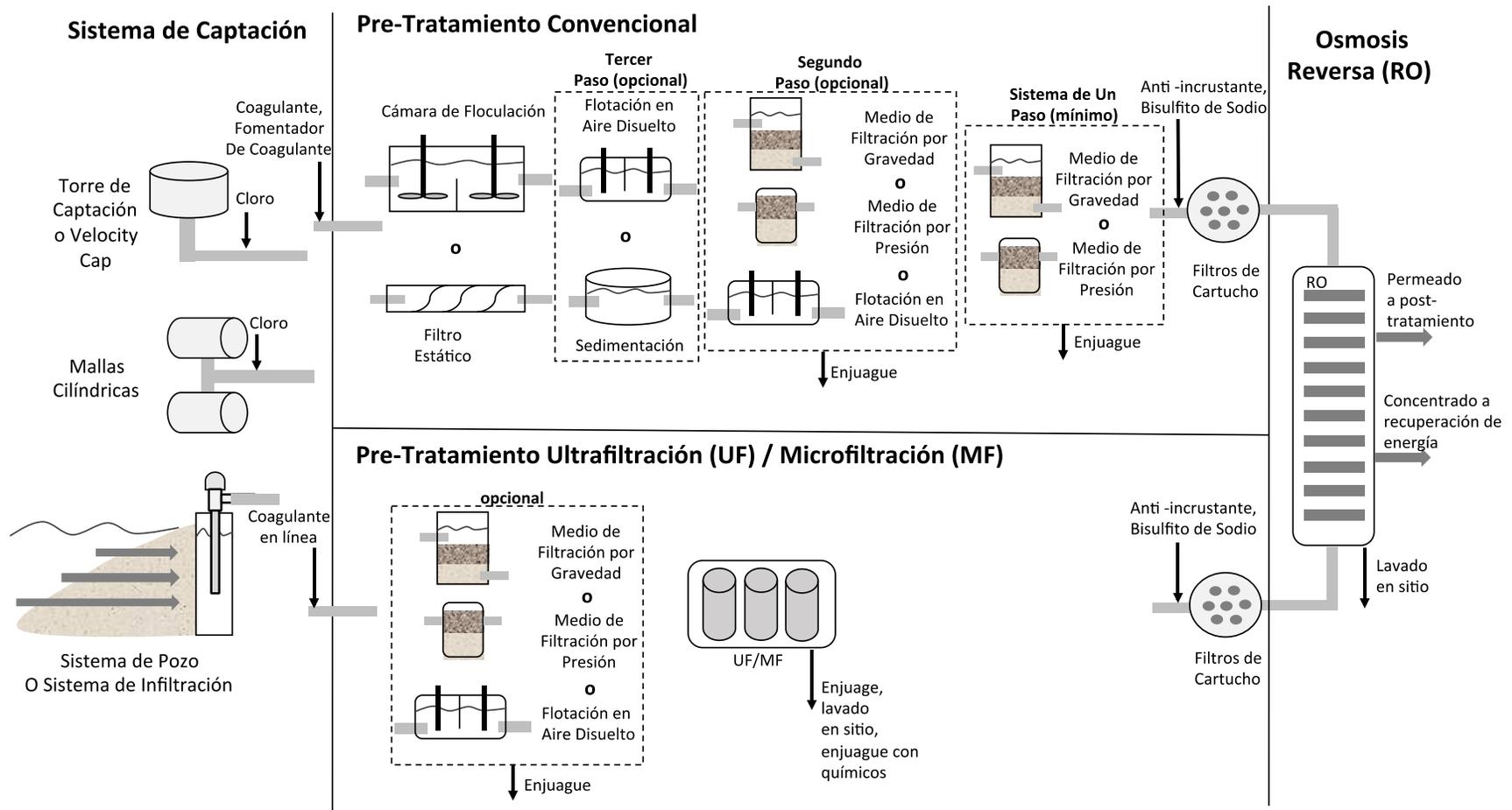


Figura 6: Diagrama de flujo simplificado de sistema de desalinización de osmosis inversa. Uso sistemas de pretratamiento de agua convencional (parte superior) y de ultrafiltración / microinfiltración (parte inferior) [Adaptado de (Lattemann, 2010)]

Tabla 2: Casos de Sistemas de Desalinización [Adaptado de (California Environmental Protection Agency, 2015)]

| Emplazamiento del Sistema de Desalinización | Captación (m ³ /hr) | Descarga (m ³ /hr) | Salinidad de Salmuera (ppm) | Notas |
|---|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|
| Muscat, Oman | 3.850 | NR | 37,3 | Se mezcla a niveles de concentración del cuerpo de agua en aproximadamente 100m. |
| Muscat, Oman | 7.958 | NR | 40,11 | Parece mezclarse a niveles de concentración del cuerpo de agua a 980m de punto de descarga. |
| Isla Sitra, Baharain | 4.415 | 11.997 | 51 | Salinidad de agua receptora incrementó a 51 ppm relativo a zonas de referencia de 45 ppm, la pluma se extiende al menos 160m de la descarga. |
| Florida, USA | 378 | 916 | 40-55 | 0,5 ppm sobre los niveles del agua receptora a 10-20 m del punto de descarga. Se mantuvo un pequeño incremento en salinidad de agua por 600 m. |
| Islas Canarias, España | 1.040 | 708 | 75,2 | 2 ppm por encima de la concentración en fondo del mar y 1 ppm en la superficie a 20 m del punto de descarga, parecido a las concentraciones del cuerpo de agua a 100 m. |
| Dhkelia, Chipre | NR | NR | NR | Por encima de la concentración del cuerpo de agua a 100-200 m del punto de descarga, en ocasiones hasta 60 ppm. |
| Alicante, España | 2.083 | 3.124 | 68 | 0,5 ppm por encima de la concentración ambiente del cuerpo de agua hasta 4 km del punto de descarga en el fondo de mar. |
| Javea, España | 1.166 | NR | 44 | Levemente sobre la concentración del cuerpo de agua ambiente hasta 300 m del punto de descarga. |
| Blanes, España | 2.499 | 1.375 | 60 | A niveles de concentración del cuerpo de agua a 10 m del punto de descarga. |
| Alicante, España | 2.083 | 2.707 | 68 | 2,6 ppm por encima de la concentración ambiente a 300 m de punto de descarga, 1 ppm por encima de la concentración ambiente a 600 m y parecida a concentración ambiente a 1300 m. |
| Ashkelon, Israel | 11.414 | 24.995 | 42 | Aproximadamente 2 ppm por encima de la concentración ambiente a 400 m de punto de descarga, y menos de 1 ppm por encima de la concentración ambiente a 4000 m de punto de descarga |
| Islas Canarias, España | 1.040 | NR | 75 | 75 ppm de efluente reducido a 38 ppm a 20 metros de punto de descarga, no se presentan detalles sobre la concentración en el cuerpo de agua. |
| Formentera, Islas Baleares, España | NR | 83 | 60 | 5,5 ppm por encima de la concentración del cuerpo de agua a 10 metros del punto de descarga, 2,5 a 20 metros, 1 ppm a 30 metros, no se hicieron mediciones a más de 30 metros. |

3.4 Antecedentes Generales Respecto de la Captación y Descarga de Agua en Chile

En Chile las unidades de generación termoeléctrica, que cuentan con ciclos de vapor¹², se ubican de preferencia en el borde costero del Océano Pacífico, y solo 5 unidades se ubican en el interior. La razón de esta distribución geográfica se explica principalmente por las condiciones favorables, económicas y de simplicidad operativa, que el borde costero presenta para el suministro de combustibles importados (carbón o gas). En el caso de las centrales ubicadas al interior todas utilizan gas natural como combustible principal, el que es obtenido de gaseoductos¹³. El Anexo 3 presenta el detalle de las centrales termoeléctricas incluidas en la revisión desarrollada por inodú el año 2014.

La Figura 7, presenta la relación entre el agua y la producción de energía mediante centrales termoeléctricas en el país. Se ilustra el retiro potencial¹⁴ de agua por región y por tipo de sistema de enfriamiento. El 97% del agua retirada es descargada a la fuente de agua original de captación (retorno) y un 3% se consume (evapora).

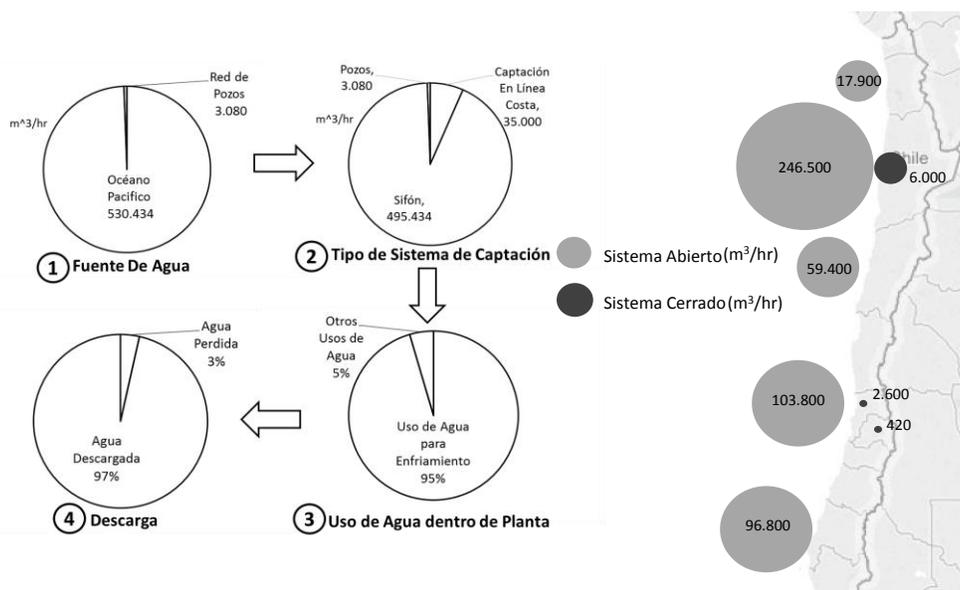


Figura 7: Relación del agua con las centrales termoeléctricas Chilenas.¹⁵

¹² Se contabiliza solo aquellas instalaciones industriales cuya función primaria es la generación de electricidad.

¹³ La funcionalidad primaria bajo el cual fue concebido el proyecto es mediante uso de gas natural. Posteriormente, debido a los cortes de gas natural de argentina y la consecuente escasez de gas natural en Chile, los ciclos combinados fueron convertidos a ciclos duales y tienen la opción de operar con diesel, el cual es transportado en camiones.

¹⁴ Asumiendo que se retira toda el agua autorizada y potencialmente utilizable en cada central.

¹⁵ Los sistemas de captación son presentados en informe "Antecedentes Técnicos, Económicos, Normativos y Ambientales de Tecnologías de Centrales Termoeléctricas y Sus Sistemas de Refrigeración".

Respecto a plantas de desalinización, se identificaron 23 resoluciones de calificación ambiental aprobadas en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama (Tabla 3). De las 23 declaraciones identificadas, 12 fueron ingresadas por empresas mineras. De acuerdo a proyecciones de Cochilco, la utilización de agua de mar en minería debiera aumentar desde 6.120 m³/hora en 2014 a 31.680 m³/hora, lo que significa más de cuatro veces lo utilizado el 2014 (Comisión Chilena del Cobre, 2014).

En la mayoría de los sistemas de desalinización de osmosis reversa, que corresponden a los instalados o evaluados en Chile, se convierte entre el 40% y 50% del agua captada en agua desalada (industrial y potable), mientras que el agua restante, que incluye la sal removida por el sistema de osmosis reversa, es retornada al mar.

Tabla 3: Historia de Resoluciones Ambientales Aprobadas para Plantas Desaladoras

| Resoluciones Ambientales Aprobadas Desaladoras | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1997 | 1999 | 2000 | 2004 | 2005 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | Total |
| Tarapacá | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 2 |
| Antofagasta | | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | | 15 |
| Atacama | | | | | | | 1 | 2 | | 1 | | 2 | 6 |
| Total | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 23 |

3.4.1 Captación de Agua en Plantas Termoeléctricas en Chile

El mayor retiro potencial de agua por plantas termoeléctricas se observa en el norte del país mediante la utilización de sistemas de captación tipo sifón invertido (Figura 7). Aproximadamente el 95% del agua retirada por plantas termoeléctricas se utiliza para enfriamiento. En Chile, una central de ciclo de vapor simple a carbón retira en promedio 131,0 m³/MWh si posee un sistema de enfriamiento abierto, y 5,7 m³/MWh si el sistema de enfriamiento es cerrado. En el caso del Ciclo Combinado este índice cambia a 114,8 m³/MWh para centrales con sistema de enfriamiento abierto y 1,1 m³/MWh para centrales con sistema de enfriamiento cerrado (Tabla 4).

Tabla 4: Agua retirada por MWh producido para diferentes tipos de unidades y sistemas de enfriamiento.

| | Retiro de Agua de Unidades con Sistemas Abiertos (2013) | | | Retiro de Agua de Unidades con Sistemas Cerrados (2013) | | |
|------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| | Promedio (m ³ /MWh)* | Minimo (m ³ /MWh)* | Maximo (m ³ /MWh)* | Promedio (m ³ /MWh)* | Minimo (m ³ /MWh)* | Maximo (m ³ /MWh)* |
| Ciclo de Vapor Simple | 131,0 | 81,5 | 218,8 | 5,7 | 5,7 | 5,7 |
| Ciclo Combinado | 114,8 | 96,6 | 134,5 | 1,1 | 0,9 | 1,23 |

* Operación promedio para unidades instaladas en Chile

Para Centrales Termoeléctricas a carbón se observó un flujo de captación entre 3.000 (m³/hr) y 81.325 (m³/hr). El flujo mínimo se debe a la utilización de sistema de enfriamiento cerrado. La Tabla 5 presenta el rango de flujo de agua retirado para plantas termoeléctricas a carbón y ciclos combinados de acuerdo a información proporcionada por empresas de generación (datos representativos de la lista de centrales indicadas en el Anexo 3).

Tabla 5: Volumen de Captación de Diseño Plantas Generación

| | Flujo de Captación Mínimo (m³/hr) | Flujo de Captación Máximo (m³/hr) | Flujo de Captación Promedio (m³/hr) |
|----------------------------|---|---|---|
| Térmica Carbón | 3.000 | 81.325* | 23.672 |
| Térmica de Ciclo Combinado | 23.750 | 34.400 | 30.338 |

*Dos unidades de generación comparten un sistema de captación.

La velocidad de captación de agua informada fue medida en diferentes puntos del sistema de captación (Tabla 6). Será importante en el futuro desarrollar una mayor estandarización de dicha métrica y determinar la velocidad en el primer punto de contacto de los organismos acuáticos con el sistema de captación. A partir de la información recibida, la velocidad promedio de captación en la campana del sifón¹⁶ es de 0,96 m/s. Se puede destacar un sistema de captación tipo sifón pero con barreras pasivas tipo mallas cilíndricas que logra velocidades de captación de 0,11 m/s (a Diciembre de 2014 existía un sistema instalado de estas características en el país).

Tabla 6: Velocidades de captación de agua en plantas termoeléctricas en Chile

| | Velocidad Mínima (m/s) | Velocidad Máxima (m/s) |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Velocidad Dentro del Sifón | 1,70 | 2,70 |
| Velocidad en Campana del Sifón | 0,58 | 1,50 |
| Velocidad Punto de Contacto | 0,06 | 0,24 |
| Velocidad sin Especificar Punto de Medición | 0,11 | 0,11 |

3.4.2 Captación de Agua en Plantas Desaladoras en Chile

De los 23 proyectos identificados en el sistema de evaluación ambiental que recibieron aprobación y reportaron el tipo de estructura de captación de agua la mayoría indica que utiliza un ducto submarino para captar agua. Los ductos informados tienen un largo desde 45 a 924 metros y un diámetro entre 0,23 y 2,50 metros. Un par de proyectos de plantas desaladoras está proyectando el uso de pozos en la orilla del mar. La Tabla 7 presenta los volúmenes de diseño de captación para plantas desaladoras, el promedio de volumen de captación de diseño es 5.609 m³/hora.

Tabla 7: Volumen de Captación de Diseño Plantas Desaladoras

| | Flujo de Captación Mínimo (m³/hr) | Flujo de Captación Máximo (m³/hr) | Flujo de Captación Promedio (m³/hr) |
|----------------|---|---|---|
| Desalinización | 2,2 | 28.800 | 5.609 |

¹⁶ La campana del sifón es el punto donde el agua entra a la tubería.

Desde el año 2010 se ha comenzado a indicar una velocidad de captación de agua en los estudios o declaraciones de impacto ambiental para plantas desaladoras (Figura 8). Aquellos proyectos que declararon una velocidad de captación de agua realizaron la definición tomando como referencia el borde exterior de las rejillas de protección o, simplemente, no definieron claramente el punto de referencia. Lo anterior también indica la necesidad de lograr una mayor estandarización en la definición de dicha métrica. Independiente de ello, las velocidades de captación reportadas en el sistema de evaluación ambiental para plantas desaladoras se encuentra dentro del rango comprendido entre 0,1 y 0,3 m/s.

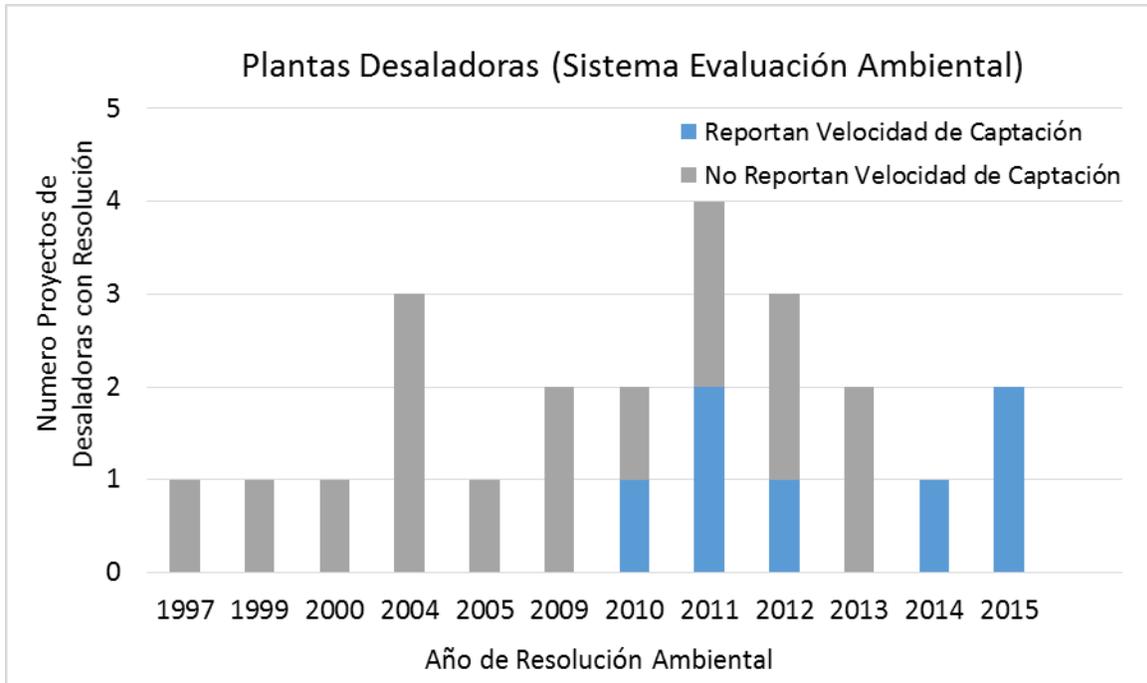


Figura 8- Historia de definición de velocidad de captación de plantas desaladoras que recibieron aprobación ambiental

3.4.3 Descarga de Agua en Plantas Termoeléctricas en Chile

Para identificar y caracterizar las descargas de una planta termoeléctrica se necesita tener un entendimiento de la configuración de la planta y los distintos sistemas que la conforman, siendo el sistema de enfriamiento el principal desde la perspectiva de la implicancia que éste tiene en la definición del volumen de agua descargado.

Con respecto a las características del agua descargada proveniente de sistemas de enfriamiento, es deseable analizar dos aspectos importantes: la temperatura del agua descargada y la concentración de contaminantes presentes en ella. En ese contexto, la Tabla 8 indica las temperaturas de descarga mínimas, máximas, y promedio; se puede observar que la temperatura de descarga no supera los 25°C en promedio. Para desarrollar esta tabla se utilizó información levantada mediante encuestas a las distintas empresas (Inodu, 2014).

La Tabla 9 y Tabla 10 sintetizan la concentración de contaminantes reportados de acuerdo al DS 90 por empresas de la industria eléctrica en el periodo Enero 2013 a Junio 2014. Se sintetizan los niveles mínimos, máximos, y promedio de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos al Océano Pacífico y ríos. Los datos han sido facilitados por la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) (Inodu, 2014).

Tabla 8: Temperatura de descarga del agua por región.

| Región | Temperatura de Salida Min (°C) | Temperatura de Salida Max (°C) | Temperatura Promedio (°C) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| I | NI | NI | 24,0 |
| II | 20 | <30 | 25,4 |
| III | 21 | <30 | NI |
| V | NI | NI | 24,3 |
| VIII | NI | NI | 23,6 |
| XIII | NI | NI | 25,0 |

NI: No disponible o no informado

Tabla 9: Concentraciones de las descargas normadas por el DS90/2000 informadas por el SMA para el periodo Enero 2013 a Junio 2014 (se han considerado solo los datos de descargas al Océano Pacífico).

| Contaminante | Unidad | Min | Max | Promedio | Máximos permitido dentro ZPL | Máximos permitido fuera ZPL |
|---|----------------------|-------|----------|----------|------------------------------|-----------------------------|
| Caudal | m3/dia | 550 | 900.000 | 503.224 | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 2,11 | 2,17 | 2,14 | 20 | 350 |
| Aluminio | mg/L | 0,25 | 0,55 | 0,36 | 1 | 10 |
| Arsénico | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,2 | 0,5 |
| Cadmio | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,5 |
| Cianuro | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,5 | 1 |
| Cloro Libre Residual | mg/L | 0,03 | 0,71 | 0,29 | No en Norma Vigente | |
| Cobre | mg/L | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 1 | 3 |
| Coliformes Fecales o termotolerantes | NMP/100 ml | 2,00 | 4.054,04 | 697,49 | 1000 -70 | ND |
| Cromo Hexavalente | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,2 | 0,5 |
| Cromo Total | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 2,5 | 10 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg O ₂ /L | 2,92 | 10,20 | 8,62 | 60 | ND |
| Estaño | mg/L | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,5 | 1 |
| Fluoruro | mg/L | 0,81 | 0,98 | 0,90 | 1,5 | 6 |
| Fosfato | mg/L | 0,26 | 0,34 | 0,30 | No en Norma Vigente | |
| Fósforo Total | mg/L | 0,24 | 1,10 | 0,70 | 5 | ND |
| Hidrocarburos Aromaticos | mg/L | 0,20 | 0,20 | 0,20 | No en Norma Vigente | |
| Hidrocarburos Totales | mg/L | 1,00 | 5,00 | 3,00 | 10 | 20 |
| Hidrocarburos Volátiles | mg/L | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 1 | 2 |
| Hierro | mg/L | 0,02 | 0,49 | 0,26 | 10 | ND |
| Indice de Fenol | mg/L | 0,06 | 0,19 | 0,12 | 0,5 | 1 |
| Manganeso | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 2 | 4 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,005 | 0,02 |
| Molibdeno | mg/L | 0,01 | 0,09 | 0,04 | 0,1 | 0,5 |
| Níquel | mg/L | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 2 | 4 |
| Nitrógeno Kjeldahl | mg/L | 0,63 | 5,48 | 2,35 | 50 | ND |
| Oxígeno | mg/L | 6,54 | 8,49 | 7,51 | No en Norma Vigente | |
| pH | unidad | 7,33 | 8,09 | 7,68 | 6,0 - 9,0 | 5,5 - 9,0 |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,2 | 1 |
| Selenio | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 |
| Sólidos Sedimentables | ml/L 1h | 0,11 | 0,50 | 0,42 | 5 | 50 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 5,40 | 26,29 | 13,20 | 100 | 700 |
| Sulfuro | mg/L | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 1 | 5 |
| Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM) | mg/L | 0,10 | 0,63 | 0,21 | 10 | 15 |
| Temperatura | °C | 17,91 | 27,75 | 22,51 | 30 | ND |
| Zinc | mg/L | 0,00 | 0,09 | 0,03 | 5 | 5 |

Tabla 10: Concentraciones de las descargas normadas por el DS90/2000 informadas por el SMA para el periodo Enero 2013 a Junio 2014 (se han considerado solo los datos de descargas en río).

| Contaminante | Unidad | Min | Max | Promedio | Límite máximos a cuerpos de agua fluviales | Límite máximos considerando la capacidad de dilución del receptor |
|--------------------------------------|----------------------|--------|--------|----------|--|---|
| Caudal | m3/día | 147 | 5.299 | 1.961 | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 3,13 | 10,00 | 5,32 | 20 | 50 |
| Aluminio | mg/L | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 5 | 10 |
| Arsénico | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,5 | 1 |
| Boro | mg/L | 0,28 | 0,61 | 0,45 | 0,75 | 3 |
| Cadmio | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,3 |
| Cianuro | mg/L | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,20 | 1 |
| Cloro Libre Residual | mg/L | ND | ND | ND | No en Norma Vigente | |
| Cloruro | mg/L | 145,50 | 348,47 | 262,98 | 400 | 2000 |
| Cobre | mg/L | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 1 | 3 |
| Coliformes Fecales o termotolerantes | NMP/100 ml | 2,20 | 167,72 | 54,82 | 1000 | 1000 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,2 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg O ₂ /L | 2,60 | 6,31 | 4,48 | 35 | 300 |
| Fluoruro | mg/L | 0,33 | 0,59 | 0,48 | 1,5 | 5 |
| Fósforo Total | mg/L | 0,25 | 0,64 | 0,44 | 10 | 15 |
| Hidrocarburos Fijos | mg/L | 2,55 | 5,00 | 3,18 | 10 | 50 |
| Hierro | mg/L | 0,05 | 0,14 | 0,10 | 5 | 10 |
| Índice de Fenol | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,5 | 1 |
| Manganeso | mg/L | 0,02 | 0,34 | 0,12 | 0,3 | 3 |
| Mercurio | mg/L | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,01 |
| Molibdeno | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1 | 2,5 |
| Níquel | mg/L | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,2 | 3 |
| Nitrógeno Kjeldahl | mg/L | 0,69 | 2,78 | 1,42 | 50 | 75 |
| Pentaclorofenol | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,009 | 0,01 |
| pH | unidad | 7,83 | 8,08 | 7,93 | 6,0 - 8,5 | 6,0 - 8,5 |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,5 |
| Poder Espumógeno | mm | 1,05 | 1,10 | 1,07 | 7 | 7 |
| Selenio | mg/L | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,1 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 7,20 | 16,65 | 11,87 | 80 | 300 |
| Sulfatos | mg/L | 785 | 2.787 | 1.849 | 1000 | 2000 |
| Sulfuro | mg/L | 0,10 | 0,15 | 0,11 | 1 | 10 |
| Temperatura | °C | 20,11 | 25,72 | 22,74 | 35 | 40 |
| Tetracloroetano | mg/L | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,4 |
| Tolueno | mg/L | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,7 | 7 |
| Triclorometano (Cloroformo) | mg/L | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,2 | 0,5 |
| Xileno | mg/L | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,5 | 5 |
| Zinc | mg/L | 0,04 | 0,14 | 0,09 | 3 | 20 |

3.4.4 Descarga en Plantas Desaladoras en Chile

Las descargas de plantas desaladoras también están afectas al DS 90, sin embargo, la concentración de sal no está definida como un contaminante en el DS 90. De los proyectos de plantas de desalinización revisados, se observó que en algunos casos se propone el uso de difusores en la descarga (Figura 9); todos los difusores propuestos están definidos mediante una estructura de ducto.

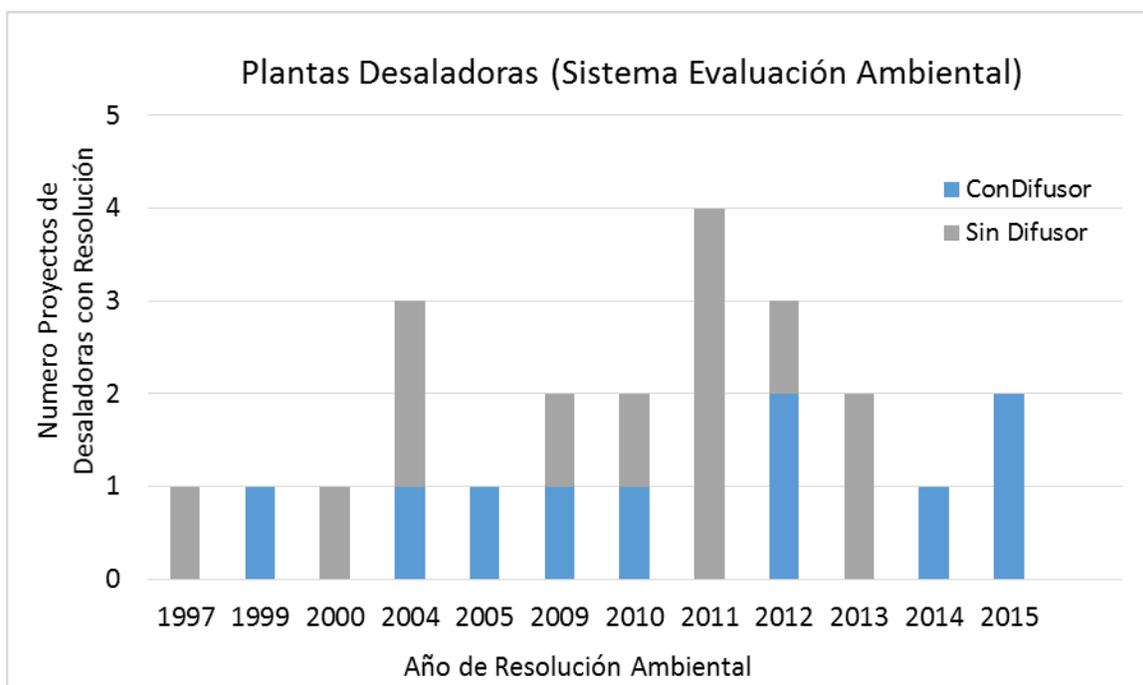


Figura 9- Historia de incorporación de difusores en plantas desaladoras que recibieron aprobación ambiental

Con respecto al flujo de descarga en plantas desaladoras la Tabla 11 indica los flujos de descarga mínimo, máximo, y promedio de salmuera.

Tabla 11: Rango de salmuera reportadas para plantas desaladoras que recibieron aprobación ambiental

| | Flujo de Descarga Mínimo (m ³ /hr) | Flujo de Descarga Máximo (m ³ /hr) | Flujo de Descarga Promedio (m ³ /hr) |
|-------------|---|---|---|
| Desaladoras | 1 | 16.200 | 2.649 |

De acuerdo a información analizada de estudios de impactos ambiental presentados al SEIA, la temperatura de la descarga sería similar a la temperatura de la captación (alrededor de 15 °C en algunos casos). En la mayoría de los casos se indica de manera genérica que la concentración de contaminantes en la descarga estaría bajo los valores límites establecidos en la tabla 5 del DS 90¹⁷. Se indica que los componentes químicos a utilizar para el lavado de filtros sería principalmente cloruro férrico.

¹⁷ La Tabla 5 del DS 90 se utiliza para establecer las exigencias máximas de descarga fuera de la zona de protección litoral

4 IMPACTO AMBIENTAL DE CAPTACION Y DESCARGA DE AGUA

Los impactos producto de succión y descarga de agua de procesos industriales no es posible eliminarlos, sin embargo, pueden ser minimizados. Es posible identificar ciertos aspectos comunes en distintas industrias (termoeléctrica, desalinización, y otras que succionan y descargan agua).

En el caso particular de plantas termoeléctricas que realizan retiros de aguas terrestres superficiales y aguas marítimas los principales aspectos que requieren atención han sido ampliamente estudiados¹⁸ y pueden asociarse tanto al proceso de captación de agua, como a las descargas de las aguas utilizadas en el proceso. Los impactos pueden ser categorizados en tres aspectos principalmente:

- 1) La construcción del sistema de captación y descarga de agua puede producir impactos temporales o permanentes en los hábitats costeros;
- 2) La operación del proceso industrial, particularmente del sistema de captación de agua (succión) puede producir efectos de atrapamiento y arrastre de organismos con un efecto en la dinámica de la población del hábitat costero;
- 3) La operación del proceso industrial, particularmente del sistema de descarga de efluentes en el cuerpo de agua puede afectar la calidad del cuerpo de agua, los sedimentos y la vida acuática si el sistema de descarga no es diseñado y gestionado apropiadamente.

En aguas marítimas, los aspectos identificados anteriormente son comunes a sistemas de desalinización. En sistemas de desalinización de agua, generalmente se asume 100% de mortalidad de los organismos arrastrados, a no ser que haya un sistema de recolección o cierta proporción de la cantidad del agua captada sea redireccionada para disolver la salmuera en el efluente (Pankratz, 2015) desalinización. La mortalidad por arrastre en sistemas de desalinización de osmosis reversa se debe principalmente a fuerzas al interior de bombas, exposición a altas presiones durante el proceso y al shock osmótico por exposición a un ambiente de mayor salinidad durante el procesamiento y la descarga.

Producto de estudios de laboratorio y evaluación de impactos en plantas termoeléctricas realizados en aguas terrestres superficiales, estuarios y aguas marítimas, existe evidencia que peces, macroinvertebrados nectónicos, plancton, y en menor medida organismos bentónicos, son las comunidades biológicas susceptibles a los efectos de atrapamiento y arrastre de sistemas de captación de agua de plantas termoeléctricas. La mayoría de otras comunidades eventualmente presentes en cuerpos de agua tienen una baja exposición al sistema de captación (ejemplo:

¹⁸ (Clark & Brownell, 1973) (US EPA, 1973) (US EPA, 1976) (UNESCO, 1979) (Turnpenny & Coughlan, 1992) (EPRI, 2000) (EPRI, 2003) (California Energy Commission, 2005) (MBC Applied Environmental Sciences, 2005) (Moss Landing Marine Laboratories, 2008) (UCN, 2008) (IFC, 2008) (EPRI, 2011) (Rajagopal, Jenner, & Venugopalan, 2012) (SMA, 2014) (US EPA, 2014, págs. 76-88).

infauna¹⁹ y epifauna²⁰, plantas vasculares acuáticas) o tienen una baja sensibilidad a los efectos de dicha exposición (ejemplo: fitoplancton, zooplancton) (EPRI, 2002).

Los impactos potenciales producto del retiro de aguas terrestres subterráneas tienen una naturaleza distinta a los impactos genéricos mencionados en los numerales 1 a 3 anteriores, que está relacionada con una tensión entre distintos grupos de interés por el retiro, uso, y eventual consumo de un recurso limitado para distintas finalidades. La tensión mencionada anteriormente se exagera cuando uno de los grupos de interés tiene la intención de retirar desde cuerpo de agua subterránea una cantidad significativamente mayor a la cantidad de agua subterránea que otros grupos de interés tienen derecho a retirar en la vecindad del emplazamiento o cuando existe incertidumbre respecto a qué tan significativo es el volumen de agua que se tiene la intención de retirar con respecto al volumen de agua de agua subterránea disponible. Adicionalmente, entre los grupos de interés se debe considerar también el medio ambiente como un usuario de las aguas subterráneas.

El proceso de análisis de riesgo e impacto medio ambiental está basado en dos pilares: caracterización de la exposición y caracterización de efectos o impactos; los cuales contribuyen a focalizar la formulación del problema, su análisis y la caracterización de los riesgos (EPA, 1998).

Respecto a la fundamentación del objetivo de protección ambiental y los resultados esperados (materia que es abordada en la (Sección 7), factores específicos de cada instalación industrial y cuerpo de agua influyen la identificación de riesgos medioambientales y exigencias específicas asociadas a su evaluación y monitoreo. No obstante, de acuerdo a la EPRI, hay aspectos comunes en la naturaleza de la *Fuente de Estrés* y sus efectos en los *Objetivos de Protección Ambiental* que permitirían formular un modelo conceptual y genérico que puede ser utilizado para facilitar la fundamentación del Objetivo de Protección Ambiental, las exigencias y los resultados esperados de una eventual norma (EPRI, 2002).

A continuación se describen algunos aspectos asociados a los conceptos de Fuente de Estrés, Estrés, Receptor, Respuesta del Receptor y Métricas de Riesgo aplicados al contexto de Sistemas de Captación de Agua (Sección 4.1). Posteriormente, en la Sección 4.2 se realiza un análisis análogo más sintetizado para sistemas de descarga. El análisis específico de los aspectos mencionados anteriormente corresponde a un estudio de riesgo, que se puede desarrollar bajo distintos métodos, por ejemplo (EPA, 1998), y no forma parte del alcance de los alcances del presente estudio.

4.1 Impacto Producto de la Captación de Agua

En esta sección se describe de manera conceptual los elementos comunes asociados a un análisis de riesgo medio ambiental para sistemas de captación de agua industrial, enfatizando aquellos

¹⁹ Infauna: Conjunto de organismos que viven entre las partículas del sedimento en el medio acuático.

²⁰ Epifauna: Conjunto de organismos que viven bajo las partículas del sedimento en el medio acuático.

aspectos particulares asociados a sistemas de captación de agua asociada a sistemas de enfriamiento y desalinización.

La Figura 10 sintetiza un modelo genérico de riesgo utilizado por la US EPA y EPRI en el contexto de desarrollo de la norma 316(b) en Estados Unidos. Se ilustra la relación entre conceptos de Fuente de Estrés, Estrés, Receptor, Respuesta del Receptor y Métricas de Riesgo aplicados al contexto de Sistemas de Captación de Agua, y sintetizados en la presente sección.

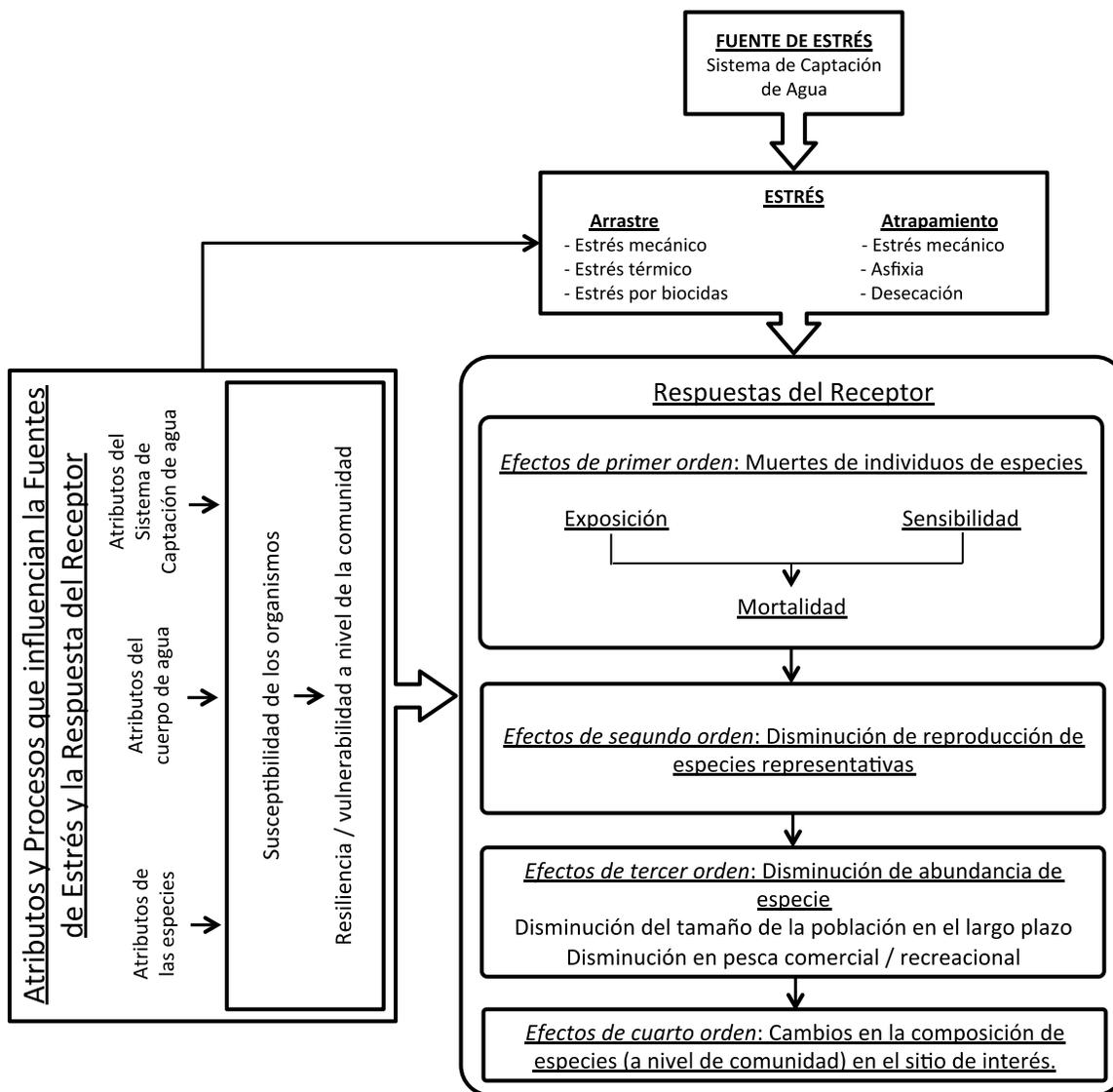


Figura 10: Diagrama de Modelo genérico de riesgo utilizado por la US EPA en desarrollo de la norma 316(b) (Adaptado de EPRI)

4.1.1 Fuente de Estrés:

El sistema o estructura de captación de agua es la fuente que produce el Estrés que se desea abordar. Una estructura de captación de agua es un componente de un sistema industrial, y como

tal debe ser consistente — y estar adaptado — a las necesidades de dicho sistema. La función del sistema de captación de agua es extraer agua y entregarla a él o los usuarios de esta. El diseño de sistemas de captación de agua requiere de consideraciones hidráulicas para llegar a un concepto de diseño que permita obtener y entregar agua económicamente y con impacto ambiental aceptable dentro del contexto regulatorio y social de la región donde se emplaza.

En el contexto de una planta termoeléctrica, el sistema de toma de agua debiera ser diseñado para asegurar un abastecimiento constante de agua a baja temperatura, con limitadas fluctuaciones temporales. El agua de enfriamiento debe estar libre de desechos, sedimento, algas, y organismos acuáticos que pueden afectar el correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento. El diseño del sistema de captación de agua debiera proteger a peces y otros organismos acuáticos de ser atrapados o arrastrados por la estructura de captación de agua (UNESCO, 1979). Para cumplir este objetivo, diversos sistemas son utilizados para proteger al sistema de captación y a los organismos acuáticos (Taft E. , 2000) (US EPA, 2014), los cuales son parte de las medidas de diseño y gestión que se revisarán en la segunda etapa de este estudio.

Los principales aspectos que influyen la selección de un concepto y diseño de un sistema de captación de agua son los siguientes (Ng, Zheng, & Taylor, 2005) (Alsaffar & Zheng, 2007):

- Disponibilidad de agua
- Batimetría de la zona
- Layout de la planta
- Transporte de sedimentos
- Regulación medioambiental
- Condiciones climáticas
- Constructividad de la solución
- Productividad biológica del emplazamiento y caracterización de las especies.
- Necesidad de limitar la velocidad de captación
- Esfuerzo producto de olas (si el sistema está expuesto a olas de tamaño considerable)
- Requerimientos de operación del usuario (flujo y calidad de agua)
- Requerimientos de mantenimiento (acceso para mantenimiento adecuado)
- Requerimientos de dragado inicial y de mantención
- Interacción con otros sistemas de captación (presentes y futuros)
- Interacción con sistemas de descarga (presentes y futuros)
- Requerimientos de navegación y pesca

Sin un conocimiento de las condiciones específicas del sitio donde se instalará el sistema de toma de agua, no es posible seleccionar un concepto de manera confiable; por lo tanto, la estandarización de un concepto que sea factible para todas las posibles locaciones no es un objetivo práctico (Alsaffar & Zheng, 2007) (UNESCO, 1979).

Los atributos del sistema de captación de agua que afectan la naturaleza y la magnitud del *Estrés* durante la operación del sistema, que en este caso específico corresponde a atrapamiento y arrastre, son los siguientes:

- Emplazamiento del sistema de captación y punto de succión,
- Flujo o volumen de agua retirada,

- Diseño y ubicación sistema de protección, y
- Velocidad en el primer punto de contacto²¹ de la entrada al sistema de captación,
- Velocidad a través de la rejilla de la entrada al sistema de captación,
- Elevación de temperatura del condensador del sistema de enfriamiento.

La infraestructura y operación del sistema de captación de agua, en conjunto con el nivel de generación de la planta, también afectan los niveles de atrapamiento y arrastre.

4.1.2 Estrés:

El Estrés corresponde a cualquier ente físico, químico o biológico que pueda producir una respuesta adversa.

Si no se tienen precauciones adecuadas, la succión de agua puede arrastrar una cantidad importante de organismos acuáticos (o especies hidrobiológicas) que incluyen organismos tales como microalgas y plancton, y organismos de mayor tamaño como crustáceos, peces, macroalgas entre otros. Por lo tanto, el atrapamiento y el arrastre corresponden a los dos tipos de estrés que deben ser considerados en un sistema de succión de agua²².

Se define el arrastre²³ como el efecto de movilizar organismos presentes en el cuerpo de agua a través del sistema de captación de agua, hacia el proceso industrial, pudiendo incluso pasar a través de ciertos elementos que componen el sistema de refrigeración para ser posteriormente devueltos al mar. El arrastre está directamente relacionado con el flujo o volumen de agua succionado, la velocidad de succión, y la definición de las características de la rejilla de protección del sistema de captación.

En algunos casos, larvas de peces, moluscos, crustáceos, algas y otros organismos acuáticos en estado planctónico que son arrastrados hacia el sistema de enfriamiento pueden morir por daño

²¹ La velocidad en el primer punto de contacto corresponde a la velocidad percibida en lugar donde los organismos podrían tener la primera, y probablemente la mejor, oportunidad de detectar y evitar la estructura de toma de agua (Tetra Tech Inc, 2008).

²² Como se verá más adelante, el esquema regulatorio vigente en Chile, tanto para Norma Primaria de Calidad Ambiental, Norma Secundaria de Calidad Ambiental y Norma de Emisión, se basan en el concepto del efecto de un Contaminante, que de acuerdo a la Ley 19300 para todos los efectos legales se define como todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

La definición de contaminante, en estricto rigor, difiere del concepto de Estrés. En el caso particular de los desafíos asociados a los potenciales efectos de sistemas de captación producto de atrapamiento y arrastre de organismos se podría dificultar la aplicación de estos conceptos bajo el esquema vigente en la normativa ambiental.

²³ En inglés, Entrainment

mecánico, o debido a biocidas que son adicionados al agua para evitar la incrustación de éstos en los componentes de los sistemas de enfriamiento, sobre todo en sistemas de enfriamiento cerrados (European Commission, 2001) (UNESCO, 1979). Por lo tanto, es posible indicar que el estrés por arrastre se produce por los siguientes motivos:

- Mecánico (ej: presión, fuerza de corte),
- Químico (producto del uso de biocidas).
- Térmico (shock térmico debido a la diferencia de temperatura en el condensador), y

El estrés térmico no sólo está influenciado por el diseño y operación del sistema de captación, sino también por variaciones estacionales de la temperatura del cuerpo de agua.

Para evitar o reducir el arrastre de ciertos organismos y desechos que podrían dañar el sistema de enfriamiento comúnmente se utilizan distintos tipos de rejillas o filtros (que son abordadas en la segunda etapa del estudio, actividad 8). Producto de ello, se produce el efecto de atrapamiento²⁴, que se define como el efecto de movilizar organismos presentes en el cuerpo de agua hacia la rejilla o filtro de protección y atraparlos en dicho elemento. Al igual que el arrastre, el atrapamiento depende del flujo o volumen de agua succionado, la velocidad de succión, y la definición de las características de la rejilla de protección del sistema de captación.

El estrés por atrapamiento puede exponer a los organismos a estrés de naturaleza mecánica, asfixia, y desecación. En algunos casos después de un tiempo los organismos pueden ser liberados y retornados a su medio natural.

El impacto del arrastre y atrapamiento de organismos acuáticos depende de la relación de diversos factores tales como el volumen de agua succionado, la velocidad de succión, el lugar de captación, el grado de exposición a las fuerzas o agentes forzantes predominantes sobre la dinámica de las aguas (por ejemplo, vientos, corrientes, y olas), profundidad de captación en la columna de agua y el tipo de sistema de protección utilizado.

4.1.3 Receptor:

El Receptor corresponde a un ente ecológico expuesto a un Estrés. En el contexto de este análisis, el Receptor corresponde a las poblaciones de organismos que residen en el cuerpo de agua (especies hidrobiológicas), de las cuales, para los fines de un análisis de riesgo o impacto ambiental, es posible definir Especies Representativas.

La respuesta del Receptor a un Estrés específico está definida por una combinación de factores que determinan la susceptibilidad de las Especies Representativas, la que está definida por su nivel de exposición al Estrés, su nivel de sensibilidad a ese nivel de exposición, o ambos factores.

²⁴ En inglés, Impingement.

Las características del ecosistema y cuerpo de agua receptor que potencialmente influyen el nivel de exposición de cada especie, en su ciclo de vida, son las siguientes:

- Abundancia relativa de la especie en la vecindad del sistema de captación.
- Funcionalidad del área en la vecindad del sistema de captación para fines de reproducción de organismos.
- Tamaño, edad, y capacidad de nado de los organismos presentes en la vecindad del sistema de captación.
- Patrones y rutas migratorias de los organismos.
- Patrones estacionales, por ejemplo de variación de temperatura en el agua o presencia de especies.
- Presencia de otras Fuentes de Estrés en el ecosistema que pueden predisponer a los organismos a los efectos de atrapamiento y arrastre.
- Hidrología del cuerpo de agua.
- Presencia de desechos en el agua.

Las características de la Fuente de Estrés (sistema de captación de agua) que potencialmente afectan el nivel de exposición del receptor son las siguientes:

- Magnitud de agua retirada desde el cuerpo de agua.
- Patrones estacionales en el flujo de agua retirada.
- Velocidad de toma de agua.
- Profundidad del punto de entrada al sistema de captación de agua.
- Características hidrológicas del sistema de captación de agua que afectan la zona de influencia biológica del agua retirada.
- Barreras en el sistema de captación de agua.
- Diseño de la cámara de carga.
- Diseño y operación del sistema de bombeo.
- Tiempo de tránsito en el sistema de enfriamiento.
- Aumento de temperatura en el condensador.
- Diseño y operación de la descarga.
- Mecanismos de tratamiento de incrustación.
- Diseño y operación de mecanismo de retorno de peces.

El criterio de selección de Especies Representativas está influenciado por la susceptibilidad de las especies de interés a los efectos de atrapamiento y/o arrastre; de manera que las Especies Representativas generalmente tendrán un nivel de susceptibilidad más alto que el promedio de otras poblaciones de peces o macroinvertebrados en el *área de influencia biológica*.

En el contexto del análisis que se está realizando, se sugiere definir las Especies Representativas no sólo por su nivel de susceptibilidad, en términos de su nivel de exposición al Estrés y su nivel de sensibilidad a ese nivel de exposición, sino también en la medida que dichas especies puedan ser consideradas como *Recursos Hidrobiológicos*.

4.1.3.1 Susceptibilidad y su Relación a la Capacidad de Nado de Peces

Existe amplia evidencia científica respecto de la capacidad de nado de distintas especies de peces (U.S. Army Corps of Engineers, 1990) (EPRI, 2000) (Turnpenny A. W., 1988). Se han identificado distintos patrones para describir la capacidad de nado de peces: Velocidad constante de nado; Velocidad crítica de nado o velocidad de nado prolongada (velocidad que puede ser mantenida en condiciones de esfuerzo); Velocidad de impulso (velocidad de movimiento rápido que puede ser mantenida durante un periodo corto); entre otras.

Para la mayoría de las especies de peces el atrapamiento depende tanto de la capacidad de nado del organismo y su condición de salud²⁵ como de la velocidad del agua. La EPRI ha tabulado el patrón de velocidad de nado prolongado o crítico de peces sanos en Estados Unidos, el cual varía principalmente de acuerdo al tamaño del pez y la temperatura del agua. En la Figura 11 se presentan los datos para distintas especies, clasificadas por el tipo del cuerpo de agua donde habitan.

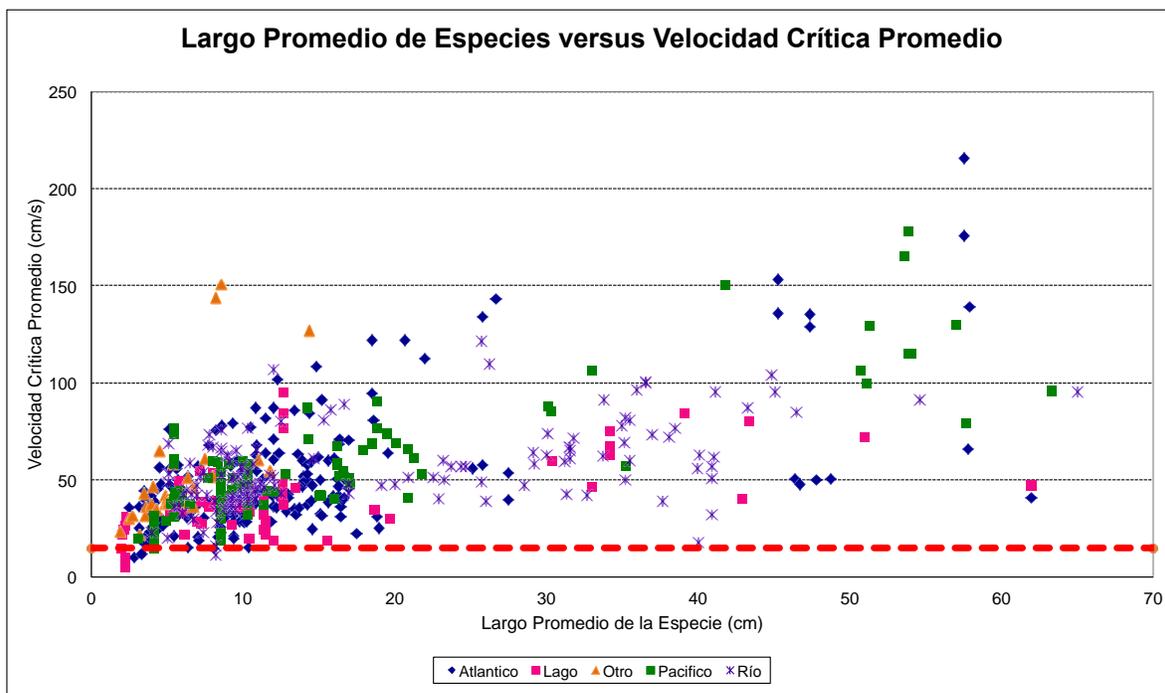


Figura 11- Velocidades Críticas de Nado de Peces (EPRI, 2000b)

Al observar la capacidad de nado de las distintas especies analizadas, se puede concluir que aumenta la probabilidad de atrapamiento cuando el agua es captada a una velocidad superiores a $0,15 \text{ m/s}$ ²⁶ (US EPA, 2014, pág. 108; US EPA, 2014, pág. 6_66; EPRI, 2000; Tetra Tech Inc, 2008). La velocidad mencionada anteriormente tiene relación con el concepto de “*approach velocity*” utilizado en

²⁵ El estado de salud de los organismos puede depender de la temperatura del cuerpo de agua y de la calidad del cuerpo de agua. En este contexto, la cantidad de oxígeno disuelto, el pH y la presencia de otros contaminantes en el agua puede afectar la capacidad de nado de los peces.

²⁶ Velocidad en el primer punto de contacto o “*approach velocity*”.

Estados Unidos y difiere del concepto de velocidad a través de la malla de protección o “*through-screen velocity*.” Para mayores detalles respecto a estas dos definiciones de velocidad se recomienda revisar la Sección 6.1.4, y el Memo de Alden adjunto en el Anexo 9.

4.1.3.2 Susceptibilidad y su Relación a la Temperatura de Agua Tolerable por Organismos

Los efectos de la temperatura en distintos organismos también han sido revisados en procesos para determinar límites máximos aceptables en Europa y Estados Unidos, concluyéndose que es posible encontrar un amplio rango de sensibilidad térmica entre las distintas especies (U.S. Army Corps of Engineers, 1990, p. Cap 11) (EPRI, 2011) (EPRI, 2012) (British Energy Estuarine & Marine Studies, 2011) (Wither, et al., 2012)

Generalmente se diferencian distintos niveles de tolerancia para distintas especies: temperatura óptima, temperatura superior (o inferior) tolerable y temperatura superior (o inferior) letal.

Los peces pueden experimentar un shock térmico cuando pasan rápidamente desde un agua de menor temperatura a un agua de mayor temperatura. De acuerdo a US Army Corps of Engineers, los peces son capaces de detectar cambios de temperatura menores a 0,5 °F y no existe evidencia que indique fehacientemente si ciertas especies de peces optan por entrar a zonas de temperatura mayor a su temperatura óptima (hasta el punto de alcanzar su temperatura superior tolerable) o son capaces de optar por evitarlas sin afectar su metabolismo. Lo anterior es particularmente válido para especies de aguas cálidas.

De acuerdo al Panel de Expertos que desarrolla los reportes British Energy Estuarine & Marine Studies, se ha observado en el contexto de ambientes marinos del Reino Unido que los peces tienen una habilidad importante para regular su comportamiento de acuerdo a sensibilidad térmica para permanecer en áreas de temperatura más confortable.

En el caso particular de Chile, donde las corrientes marinas tienen patrones de temperatura más fríos, se debe poner especial atención a la sensibilidad de especies de agua fría, particularmente en zonas cercanas a la costa que sirvan como hábitat de reproducción.

4.1.4 Respuesta del Receptor:

La Respuesta del Receptor corresponde a un cambio medible en un atributo de un Objetivo de Evaluación en respuesta a su exposición a un Estrés. Asociar la respuesta de un receptor a una o más causas puede ser particularmente complejo cuando múltiples Fuentes de Estrés impactan a un cuerpo de agua.

De acuerdo a estudios realizados por EPRI, no siempre sería posible concluir que existe una afectación directa entre el daño a la población de organismos en una localidad y el volumen de agua retirado por un sistema de captación, siendo otros factores tales como el nivel total de sólidos disueltos, el uso de biocidas, características ecológicas de la zona, la estacionalidad del uso del agua,

y el ciclo de vida de las especies afectadas factores relevantes en explicar la afectación (EPRI, 2003) (EPRI, 2011). La Comisión de Energía de California ha realizado una afirmación similar (California Energy Commission, 2005). En el contexto de estudios realizados en ríos y lagos en Estados Unidos, la EPRI indica que podría haber una relación entre la población afectada de organismos en casos donde las tasas de retiro de agua son altas comparadas con el volumen de agua disponible (mayor a 2-4%) y los tiempos de residencia son cortos (menor a 25 – 50 días) (EPRI, 2003).

La capacidad de identificar elementos de Estrés de manera precisa y defender evidencias que fundamenten dicha identificación es un paso crítico en el desarrollo de estrategias para mejorar la calidad de los cuerpos de agua (EPA, 2000).

Al realizar un análisis de riesgo, la relación causa efecto entre el Estrés, el Receptor y el Objetivo de Evaluación es utilizada para establecer y caracterizar las hipótesis de riesgo ambiental. Para representar el riesgo ambiental en el contexto de sistemas de captación de agua para enfriamiento, las hipótesis de riesgo pueden ser jerarquizadas de la siguiente forma:

- *Efectos de primer orden:* Muertes directas de individuos de especies representativas.
- *Efectos de segundo orden:* Disminución de capacidad de reproducción de especies representativas.
- *Efectos de tercer orden:* Disminución de abundancia de especie representativa en el largo plazo.
- *Efectos de cuarto orden:* Cambios en la composición de especies (a nivel de comunidad) en el sitio de interés.

Estudios en Europa han indicado que la mortalidad relacionada al atrapamiento de larva de peces es mayor que la mortalidad en el arrastre (European Commission, 2001). Adicionalmente, estudios realizados por EPRI en California indican que centrales termoeléctricas que utilizan sistemas de enfriamiento abiertos, emplazados en ambientes costeros abiertos, tienen un efecto significativamente menor sobre la población de organismos que centrales termoeléctricas similares cuya captación y descarga está localizada en lagunas costeras o bahías²⁷. En las centrales termoeléctricas cuya captación y descarga se encuentra en ambientes costeros abiertos la fuente de agua para enfriamiento y los organismos se distribuyen en una extensión geográfica de cientos de kilómetros a lo largo de la costa (EPRI, 2007).

Una conclusión similar se ha obtenido de estudios realizados para analizar el uso de sistemas de enfriamiento abierto en centrales termoeléctricas en Inglaterra (Bamber & Turnpenny, 2012) y Japón (EPRI, 2012). M. Kiyono y un equipo de investigadores del Marine Ecology Research Institute de Tokyo indican que, en el contexto de diseño, emplazamiento y operación de plantas

²⁷ No obstante, debido a facilidades constructivas y operativas en el manejo de embarcaciones que transportan combustible, las centrales termoeléctricas ubicadas en ambientes costeros marinos generalmente se han emplazado en zonas más cubiertas (bahías), situación que también se refleja en las centrales instaladas en Chile. En estos casos, con requerimientos regulatorios adecuados, y medidas de protección de succión y sistemas de descarga diseñados, operados y mantenidos apropiadamente se puede minimizar el impacto ambiental.

termoeléctricas Japonés, estudios científicos han mostrado que el impacto de atrapamiento y arrastre en recursos pesqueros es relativamente pequeño, comparado con el impacto de actividades pesqueras y la mortalidad natural de huevos y larvas. Se indica además que se han reportado cambios en la composición de especies de algas sólo cerca de la descarga, zona que la mayor parte del tiempo está cubierta por un efluente térmico 2 a 3 °C superior a la temperatura normal del medio marino (EPRI, 2012).

4.1.5 Métricas de Riesgo:

Es posible identificar una variedad de métricas para estimar el riesgo derivado de mortalidad asociada a los efectos de atrapamiento y arrastre en sistemas de captación de agua. Las métricas se utilizan para caracterizar los efectos ecológicos potenciales o observados de acuerdo a distintos tipos de categorías: individuos, ciclo de desarrollo y población.

Los métodos para estimar y seleccionar las métricas han sido desarrollados, entre otras entidades, por EPRI (EPRI 1999a y EPRI 2002a). De acuerdo a EPRI, las métricas pueden ser agrupadas en las siguientes cuatro categorías, que representan un nivel creciente de organización biológica:

- *Métrica de Pérdidas de individuos*: Se utiliza para estimar la pérdida anual de individuos debido a atrapamiento y arrastre, y las *pérdidas anuales equivalentes*. Pueden ser determinadas directamente mediante observaciones en terreno. Se requiere realizar una caracterización de las tasas de mortalidad de aquellas especies sujetas a estrés por atrapamiento y arrastre. Esta métrica presenta menos incertidumbre que las otras métricas planteadas posteriormente en esta sección. Para más detalle se recomienda revisar (EPRI 1999a y EPRI 2002a).

Es importante establecer metodologías de medición para cuantificar el atrapamiento y el arrastre de organismos para asegurar que esta información sea científicamente válida en términos de representar apropiadamente tanto la operación de la central de interés como aquellos factores ecológicos y sociales relevantes para los grupos de interés. Existen diversas prácticas a nivel mundial. Se debe tener en consideración que no existe un método que se pueda ajustar a las particularidades de todos los sitios ante todas las posibles condiciones. A modo de referencia es posible mencionar las guías elaboradas en el Reino Unido (British Energy Estuarine & Marine Studies, 2011) (British Energy Estuarine & Marine Studies, 2011b).

La estimación de pérdidas de individuos no entrega información de contexto, necesaria para evaluar que tan adverso es el sistema de captación como Fuente de Estrés, que en definitiva está relacionado al riesgo a que se exponen las especies hidrobiológicas. Dado que el nivel de pérdida de individuos, por etapa de su ciclo de vida (huevo, larva, juveniles), varía entre distintos tipos de sistemas de captación, la estimación de dichas pérdidas no provee una base común de comparación de riesgo entre las distintas opciones de gestión posibles. Por este motivo, las pérdidas directas de individuos – en etapas específicas de su ciclo de vida – es una medida que se utiliza generalmente con fines prospectivos para evaluar las pérdidas anuales equivalentes.

Para ilustrar el efecto del arrastre de organismos asociado al retiro de agua, y la importancia del contexto y la selección del emplazamiento donde se realiza la succión, se pueden mencionar resultados de diferentes estudios. De esta manera, un estudio sobre los efectos de una central térmica en una ría de Canadá determinó que el retiro de agua para enfriamiento tiene efectos importantes en el fitoplancton arrastrado, produciéndose la destrucción de cerca del 50% de esta biomasa arrastrada principalmente como consecuencia del uso de biocida (cloro). Sin embargo, debido a que las aguas son captadas a mayores profundidades (10 metros²⁸), donde la biomasa de fitoplancton es más baja, y el flujo de las mareas es alto, en el estudio se indicó que la pérdida diaria de fitoplancton implica un efecto poco significativo, representando menos del 1% de la biomasa de fitoplancton presente en la ría (Henry, 2005)²⁹.

Mientras las pérdidas de huevos y larvas derivadas del efecto de arrastre podría ser un número alto, la medición de dicha pérdida no considera la tasa de sobrevivencia natural de especies hidrobiológicas en una etapa temprana del ciclo de vida; por lo tanto es necesario considerar la conversión del número (medido) de organismos arrastrados y atrapados en un número equivalente de adultos. La *métrica de pérdidas equivalentes* se utiliza para referenciar las pérdidas de individuos a una edad equivalente específica dentro del ciclo de vida de las especies hidrobiológicas de interés. Para hacer una comparación con mayor fundamento en términos del riesgo de afectación de la especie de interés se extrapola las pérdidas por atrapamiento y arrastre de especies hidrobiológicas en etapas tempranas de su ciclo de vida a un equivalente de una etapa posterior. Un aspecto a considerar es que este tipo de métrica no permite tener en consideración los efectos sinérgicos derivados de la densidad poblacional sobre el crecimiento y la tasa de sobrevivencia de una especie determinada. Sin embargo, a pesar de ello, es una de las métricas recomendadas en el contexto de la norma 316(b) de la US EPA. Para más detalle se recomienda revisar (EPRI, 2002) y (EPRI, 1999).

- *Métrica de Pérdidas Porcentuales*: Se utiliza para estimar la proporción de especies significativas perdidas por ciclo de desarrollo tomando como base la población o comunidad disponible en el Receptor. En este caso es relevante levantar y monitorear la línea de base para caracterizar las condiciones del emplazamiento, específicamente se requiere información de la abundancia y distribución de organismos en el cuerpo de agua.

Dado que tanto la abundancia como la distribución de organismos en cada etapa de su ciclo de vida varía a lo largo del año, se requiere realizar un muestreo con una frecuencia suficiente para

²⁸ De acuerdo a los antecedentes revisados, para el caso de estudio coincide que esa profundidad es bajo la picnoclina. La picnoclina es aquella capa en el cuerpo de agua donde se alcanza el máximo diferencial de densidad por unidad de profundidad. En ecosistemas marinos el cambio de densidad puede ser causado por cambios en la temperatura como por cambios en la salinidad del agua. Durante el desarrollo del estudio, no se encontró una referencia estandarizada para definir específicamente la magnitud del cambio de densidad por metro.

²⁹ Una ría es equivalente a una ensenada amplia en la que vierten al mar aguas profundas. (www.rae.es)

caracterizar las variaciones apropiadamente. Además, se requiere contar con una caracterización de las tasas de mortalidad de aquellas especies sujetas a estrés por atrapamiento y arrastre. Para más detalle se recomienda revisar (EPRI, 2002) y (EPRI, 1999).

Este tipo de métrica no permite tener en consideración los efectos sinérgicos derivados de la densidad poblacional sobre el crecimiento y la tasa de sobrevivencia de una especie determinada.

- *Métrica de Efectos en la Población:* Se utiliza para estimar cambios en la abundancia o estructura de la población de especies representativas; por lo tanto permitiría evaluar la hipótesis de riesgo de disminución de la población. Los cambios mencionados anteriormente pueden ser potenciales (prospectivos) u observados (retrospectivos). A diferencia de las métricas descritas anteriormente, esta métrica considera de manera explícita o implícita los efectos sinérgicos derivados de la densidad poblacional sobre el crecimiento y la tasa de sobrevivencia de una especie determinada. Dicho lo anterior, es importante definir el contexto utilizado en términos de: 1) el grado de incertidumbre asociado a la estimación y 2) la evidencia causa-efecto asociada a la disminución de la población de especies hidrobiológicas derivada de la operación del sistema de captación de agua. Para más detalle se recomienda revisar (EPRI, 2002) y (EPRI, 1999).
- *Métrica de Efectos en la Comunidad:* Se utiliza para estimar cambios a nivel de la estructura de la comunidad de individuos, tales como composición y diversidad de especies. Se utilizan para evaluar la hipótesis de riesgo en términos de si los efectos de atrapamiento y arrastre sobre especies susceptibles altera la estructura de la comunidad en el cuerpo de agua receptor. De acuerdo a la EPRI, actualmente no hay un método de proyección confiable producto de la inherente complejidad de interacciones a nivel de comunidad, por lo tanto son escasamente utilizadas para realizar una comparación directa de las alternativas de gestión posible para mejorar sistemas de captación de agua. Para más detalle se recomienda revisar (EPRI, 2002) y (EPRI, 1999).

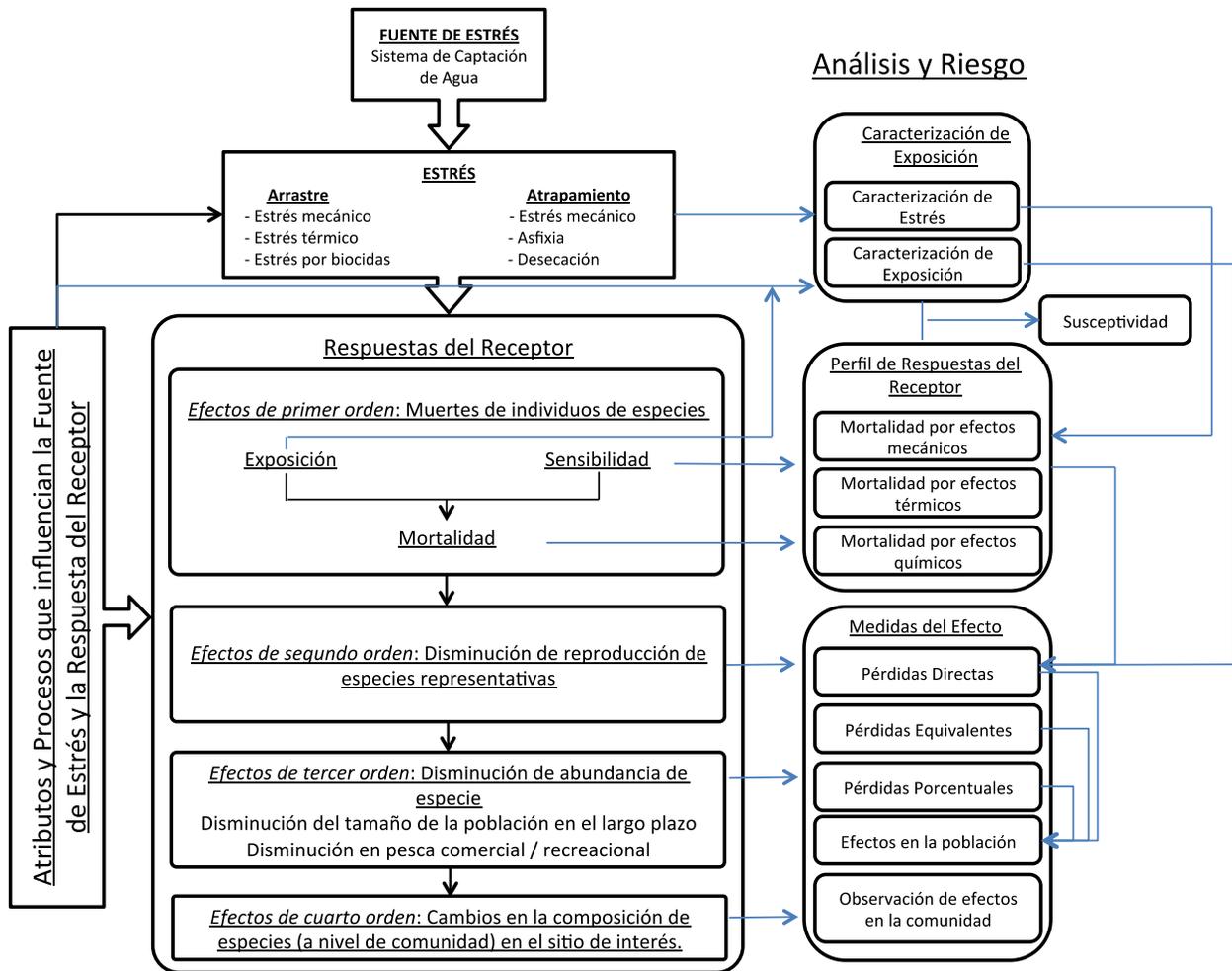


Figura 12: Diagrama de Modelo genérico de riesgo utilizado por la US EPA en desarrollo de la norma 316(b) (Adaptado de EPRI)

Al evaluar las métricas de riesgo definidas anteriormente es importante considerar los siguientes indicadores (EPA, 1998) :

- Naturaleza e Intensidad de la Respuesta del Receptor:** Este indicador se refiere tanto al tipo de efecto esperado como al grado de afectación, específicamente en la posición en la cadena biológica que caracteriza al ecosistema Receptor. Por ejemplo, una Fuente de Estrés que produce un efecto letal podría representar un riesgo ecológico mayor que una Fuente de Estrés que produce un cambio en la tasa de crecimiento o metabolismo de ciertas especies. De manera similar, la afectación de una especie clave en la cadena biológica se le podría asignar un riesgo mayor que el riesgo de afectación asignado una especie que cumple un rol relativamente menor en el ecosistema. La magnitud de variaciones o patrones estacionales naturales en el ecosistema también debe ser considerada cuando se caracterizan los efectos en el Receptor. Cambios importantes que naturalmente ocurren en el ecosistema podría dificultar la observación de efectos adversos.

- *Escala Espacial de la Respuesta del Receptor*: Este indicador es importante al momento de determinar la afectación potencial, especialmente en aquellas Fuentes de Estrés cuyos efectos están dispersos geográficamente. De esta forma es importante considerar la extensión espacial y la importancia del área para las Especies Representativas del ecosistema que interesa proteger. Manteniendo otros parámetros constantes, una Fuente de Estrés que afecta un área importante de un hábitat crítico tendrá un mayor riesgo que una Fuente de Estrés que sólo afecta un área acotada considerada como no crítica.

La EPRI define *zona de influencia biológica* como el área espacial ocupada por especies representativas – en distintas etapas de su ciclo de vida – que están sujetas a riesgo de atrapamiento y arrastre. Asimismo define la *zona de influencia hidrológica* como el área espacial desde la cual partículas de agua pueden ser captadas por el sistema de captación de agua.

- *Escala Temporal de la Respuesta del Receptor*: Dado que los efectos sobre el medio Receptor puede tener retardos importantes, se suele hacer una distinción entre impactos de largo plazo e impactos inmediatos. En este contexto es importante diferenciar la escala temporal de los efectos adversos que la fuente de estrés pueda introducir en el medio ambiente.
- *Potencial de Recuperación del Receptor*: Corresponde a la tasa de retorno de una población o comunidad a un estado previo a la introducción de la Fuente de Estrés. Si bien esta definición está relacionada al potencial asociado al proceso de recuperación natural, acciones de mitigación de riesgo pueden incluir actividades de restauración para facilitar y acelerar el proceso de recuperación. Dado que los ecosistemas son dinámicos, e incluso ante condiciones naturales están permanentemente cambiando en respuesta a cambios en el medio ambiente o otros factores, no es realista esperar que un ecosistema permanecerá de manera estática o retornará a un punto inicial similar después que sea afectado. Por lo tanto, al momento de evaluar el riesgo se debe considerar si los efectos sobre el medio Receptor son irreversibles para ciertos elementos estructurales del ecosistema.

Cuando se analiza el arrastre y atrapamiento también es importante poder distinguir entre las condiciones de productividad biológica que predominan en un determinado sitio con respecto de las condiciones que ocurren en presencia de algunos fenómenos estacionales que pueden generar una proliferación de organismos. Por ejemplo, se pueden mencionar registros de eventos particulares en la Bahía Coronel, donde en el periodo de Diciembre de 2012 y Marzo de 2013 se produjo un fenómeno natural llamado surgencia, la cual provocó el desplazamiento de biomasa bentónica profunda hacia aguas someras, lo que trajo como consecuencias el varamiento de dichos organismos en diversas playas del Golfo de Arauco. Como consecuencia del aumento ocasional de la densidad de organismos y la ausencia de medidas de mitigación efectivas para un evento de estas características, las unidades de generación ubicadas en la zona succionaron una cantidad de organismos mayor a la habitual, registrándose para una de ellas un ingreso de entre 4 a 11,5 toneladas/mes durante ese periodo (SMA, 2014b) y (SMA, 2013).

4.2 Impacto Producto de la Descarga de Efluentes

En esta sección se describe de manera conceptual los elementos comunes asociados a un análisis de riesgo medio ambiental para sistemas de descarga de agua industrial, enfatizando aspectos particulares de sistemas de descarga de agua para enfriamiento y desalinización.

De manera análoga a lo indicado en la Sección 4.1.1 la Fuente de Estrés corresponde al sistema de descarga, cuyos efectos en el medio ambiente son altamente dependientes del contexto y dinámica oceanográfica del emplazamiento. Los atributos del sistema de descarga de agua que afectan la naturaleza y la magnitud del *Estrés* durante la operación del sistema son los siguientes:

- Emplazamiento del sistema de descarga y punto de descarga,
- Flujo o volumen de agua descargada,
- Uso de químicos en el proceso industrial y sistema de tratamiento de efluentes,
- Densidad del efluente descargado,
- Elevación de temperatura del condensador de un sistema de enfriamiento (en caso de ser aplicable),
- Diseño y emplazamiento del sistema de difusión (en caso de ser aplicable).

Es posible indicar que el estrés en el medio ambiente se puede producir por los siguientes motivos:

- Estrés por Descarga de Químicos: Producto del uso de biocidas y otras sustancias en el proceso industrial. Este estrés se caracteriza mediante la concentración de contaminantes en la descarga y la zona de mezcla.
- Estrés por Descarga Térmica: En sistemas industriales que utilizan agua para refrigeración, el shock térmico se produce debido a la diferencia de temperatura del agua descargada al medio ambiente. Este estrés se caracteriza mediante la temperatura de descarga y la zona de mezcla térmica.
- Estrés por Descarga de Salmuera: En sistemas desalinización el efluente tiene una concentración de sal que puede alcanzar el doble de la concentración de sal que naturalmente hay en el cuerpo de agua. Este estrés se caracteriza mediante la concentración de sal en la descarga y en la zona de mezcla.

Las características del ecosistema y cuerpo de agua receptor que potencialmente influyen el nivel de exposición de cada especie, en su ciclo de vida, fueron indicadas en la Sección 4.1.3. El caso particular de susceptibilidad de organismos a efectos de la temperatura se describió en la Sección 4.1.3.2. El US Army Corps of Engineers ha descrito los factores de calidad en el cuerpo de agua y contaminantes que afectan distintas especies de peces en Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, 1990, pp. Cap. 10, Cap 13-17).

Es importante tener en consideración que internacionalmente se ha indicado que aún hay poca información respecto al impacto de plantas desaladoras en ambientes marinos (Safari & Zask, 2008) (Tal, 2011) (California Environmental Protection Agency, 2015) (Jones, 2015) (Lattemann, 2010).

4.2.1 Carga Térmica por Sistemas de Enfriamiento

Los sistemas de enfriamiento de procesos industriales generalmente descargan agua con excesos térmicos, lo cual, dependiendo de las condiciones particulares del emplazamiento, puede afectar la distribución de peces y otros organismos acuáticos en la zona de mezcla (ASME, 2014).

De acuerdo a la regulación de la Comunidad Europea, la zona de mezcla es especificada por la Autoridad Competente como una parte del cuerpo de agua, adyacente al punto de descarga, en la cual la concentración de uno o más contaminantes de interés puede exceder las indicaciones del Estándar de Calidad Ambiental para el cuerpo de agua sin comprometer el cumplimiento de dicho estándar para el resto del cuerpo de agua (fuera de la zona de mezcla) (British Energy Estuarine & Marine Studies, 2011). En otros países se han realizado definiciones con cierta similitud (EPRI, 2012) (EPA, 2006).

Por otro lado, un golpe de frío³⁰ (repentina reducción en la temperatura de la pluma térmica) o descargas de alta temperatura (que produzcan un aumento por sobre los 38°C en la pluma térmica) pueden causar la muerte de organismos debido a la incapacidad de varias especies de peces a adaptarse a bruscos cambios de temperatura (EPA, 1992).

Un incremento de la temperatura puede afectar a la población de algunas especies, plantas, y organismos bentónicos que se exponen a la pluma térmica. Un ejemplo específico es la alta concentración de tortugas *Chelonia Midas* reportadas en la pluma térmica de una termoeléctrica en la Bahía de Mejillones del Sur en Chile (Guerra, 2007).

El impacto por carga térmica es variable dependiendo de las características del cuerpo de agua (Clark & Brownell, 1973) (EPRI, 2013). Así por ejemplo, la descarga en un mar con fuertes corrientes (u oleaje energético) favorece la rápida y eficiente mezcla del efluente térmico con el agua del cuerpo receptor; en cambio, en un mar con corrientes bajas (en magnitud), la pluma térmica se puede extender por varios kilómetros cuadrados (European Commission, 2001). Un estudio realizado por la US EPA (EPA, 1992) sobre los impactos adversos de las descargas térmicas de centrales termoeléctricas determinó que existe una baja probabilidad de ocurrencia de impacto en centrales operando bajo valores límites para la temperatura de descarga. Para mitigar este impacto se recomienda el uso de dispositivos en las estructuras de descarga - difusores - que faciliten la mezcla y la dilución del agua descargada. En general, la mezcla entre las descargas térmicas y el cuerpo receptor puede optimizarse de manera significativa mediante un diseño apropiado del difusor³¹. Lo anterior permite acortar el área de mezcla térmica y, por consiguiente, mitigar eventuales efectos sobre las comunidades biológicas aledañas.

³⁰ Los golpes de frío pueden ocurrir especialmente en zonas geográficas frías y en invierno. Se producen cuando se detiene una unidad y el efluente térmico es reemplazado por una rápida descarga de agua sin calentar. En estas zonas geográficas frías algunos peces prefieren permanecer en la pluma térmica durante el invierno, y no son capaces de ajustarse a una repentina reducción de la temperatura de la pluma.

³¹ En sistemas con menor flujo de descarga podría también utilizarse un estanque de mezcla.

El indicador de calidad del agua que es importante mantener está relacionado con la temperatura promedio del cuerpo de agua. Esto es de especial relevancia en ríos, donde la temperatura del cuerpo de agua, aguas abajo de la descarga puede verse afectada. La temperatura promedio del cuerpo de agua receptor se afecta por la temperatura y caudal del agua descargada, y el caudal del río donde se descarga. Un caudal reducido descargado a alta temperatura puede provocar similar impacto que un caudal mayor a una menor temperatura. En consecuencia, la temperatura máxima o promedio permitida en la descarga puede ser definida considerando la carga térmica de la descarga, el caudal y temperatura del cuerpo de agua receptor (río), y el área de la "zona de mezcla" (EPA, 1992, p. 7).

A modo de ejemplo, en el documento citado anteriormente, la US EPA indica específicamente una excepción para el Estado de Pensilvania, donde no se utiliza información relacionada a la zona de mezcla en ríos, pero se define un método de cálculo para la temperatura máxima aceptable en la descarga que es adaptable en función de las desviaciones del caudal real del cuerpo de agua respecto del caudal proyectado y de la diferencia entre la temperatura del agua en la succión y la temperatura máxima permitida aguas abajo en el cuerpo de agua³².

4.2.2 Descarga Químicos Asociados a Sistema de Enfriamiento

Para evitar formación biológica en los componentes de los sistemas de enfriamiento; la corrosión y erosión de las tuberías, el condensador y los materiales de las torres de enfriamiento; y reducir la acumulación de sales en los componentes, se utilizan componentes químicos. Por consiguiente, el agua o efluente proveniente de los sistemas de enfriamiento de paso único y la purga de los sistemas cerrados de recirculación (con torres de enfriamiento) pueden contener químicos tales como cloro, hierro, cobre, níquel, aluminio, boro, compuesto orgánicos clorados, sólidos suspendidos, compuestos bromados, y biocidas no oxidantes. Aunque la presencia de los químicos mencionados debiera ser en bajas concentraciones, la contaminación acumulada puede ser relevante debido al volumen de agua descargado (EPA, 2009).

El propósito de los biocidas es mantener limpio el sistema de enfriamiento para su correcto funcionamiento. En el caso de las centrales que captan agua de mar el objetivo es evitar la formación de moluscos y/u otro tipo de organismos dentro del sistema. Para esto normalmente se utiliza la inyección de cloro, el cual es generalmente producido en la central por electrólisis del agua de mar (European Commission, 2001). La aplicación de cloro puede ser continua o estacional dependiendo de factores diversos, entre ellos, la tasa de crecimiento y periodos de asentamiento de los organismos. Según un estudio de la Comisión Europea (European Commission, 2001), la

³² Particularmente se define la temperatura máxima de descarga como:

$$T_d = (Q_1 / Q_d) (T_2 - T_1) + T_1$$

Donde:

Q1: Corresponde al flujo o caudal de diseño del río,

Qd: Es el flujo real de la descarga,

T2: Es la temperatura máxima permitida aguas abajo en el río,

T1: Es la temperatura medida en la captación.

concentración de cloro en la descarga puede variar entre 0,1 y 0,5 mg/l dependiendo de las regulaciones locales. Debido a la mayor concentración de compuestos bromados, la reacción del cloro con la materia orgánica puede producir bromoformo en el agua de mar, aunque el estudio de la IPCC menciona que las concentraciones de bromoformo en la pluma térmica debieran ser bajas (15 µg/l).

La Tabla 12 presenta los tipos de sustancias y sus usos en los distintos sistemas de enfriamiento. Es posible observar que el uso de sistemas de enfriamiento abierto reduce significativamente el número de compuestos utilizados.

Tabla 12 : Tipos de Químicos usados en Sistemas de Enfriamiento. Adaptado de (Royal Haskoning, 2003)

| Substancia Activa | Sistema de Paso Único | Sistema con Torre de Enfriamiento |
|--|------------------------------|--|
| Biosidas Oxidantes | X | X |
| Químicos con cloro | X | X |
| Químicos que generan bromo | | X |
| Químicos sin óxidos de halógeno | | X |
| Biosidas No Oxidantes | | X |
| Isotiazolinonas | | X |
| Quats | | X |
| Quats poliméricos | | X |
| Compuestos de organoazufre | | X |
| Compuestos organobromados | | X |
| Aldehídos | | X |
| Imidazoles/Aminas | | X |
| Otros | | X |
| Inhibidor de la Corrosión | | X |
| Inhibidor de Depósitos e Incrustación | | X |

Un estudio realizado por la US EPA indica que se debe tener precaución al comparar los efectos de las descargas residuales de cloro en distintos ambientes (agua dulce vs agua de mar); siendo menos evidente el nivel de toxicidad de las descargas en agua de mar debido a la composición de halógenos en dicho ambiente (US EPA, 1976). Esto último es importante de analizar en mayor detalle dada la diferencia en el contexto de aplicación de centrales termoeléctricas en Chile con respecto a la situación en Estados Unidos y Europa.

Por otro lado, la contribución de la corrosión a la descarga de químicos ha disminuido o desaparecido en Europa debido al mayor uso de titanio como material para los tubos del condensador. En cuanto a la incrustación, diversos métodos para la desmineralización del agua pueden ser utilizados dependiendo de la composición química del agua, los organismos presentes

en el emplazamiento, los ciclos de concentración utilizado en las torres de enfriamiento, y los parámetros y materiales de diseño del sistema de enfriamiento (European Commission, 2001).

En consecuencia, el nivel de químicos contenido en el agua de enfriamiento dependerá de las características de diseño de cada planta y del sitio específico de emplazamiento. En particular, dependerá de la combinación de elementos tales como el diseño y materiales de los equipos donde se intercambia calor, la temperatura y química del agua de enfriamiento, y los organismos acuáticos que puedan ser arrastrados (European Commission, 2001).

En ciertos casos se ha mostrado que el efecto en los organismos acuáticos no pueden considerarse de manera aislada al impacto por la carga térmica o al impacto por el uso de biocidas; sino más bien es el efecto combinado de ambos fuentes de estrés el que produce efectos de distinto orden en la población de organismos expuestos dichos efectos (Taylor, 2006).

4.2.3 Impacto por Otras Descargas Eventualmente Producidas por Centrales Termoeléctricas

La US EPA, durante el año 2013, elaboró un documento donde realiza una evaluación de los impactos en el ambiente derivados de la aplicación de una nueva norma que limita efluentes y propone estándares para la industria de generación termoeléctrica que utiliza ciclos a vapor. Para mayor información se recomienda revisar US EPA 2013: EPA-821-R-13-003. El 30 de septiembre de 2015, la US EPA publicó una actualización a los límites de efluentes para las plantas termoeléctricas (40 CFR Part 423).

En el contexto de modelo genérico de evaluación de riesgo ecológico descrito en la sección anterior, para el caso de las descargas la Respuesta del Receptor y las Métricas de Riesgo son similares a las descritas en la Sección 4.1.4 y 4.1.5. La síntesis del proceso de análisis de riesgo en el caso de las descargas se presenta en la Figura 13.

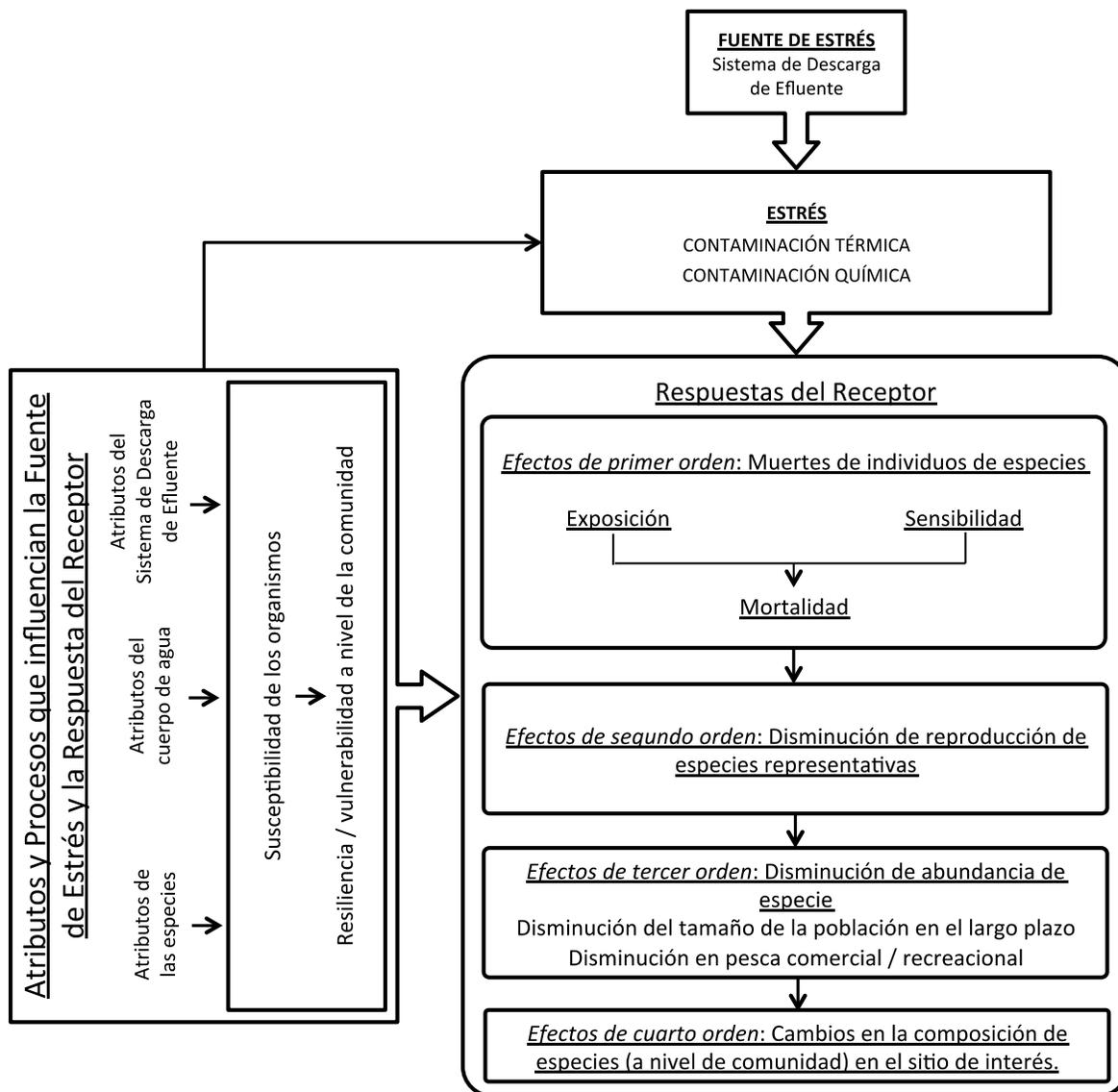


Figura 13: Diagrama de Modelo genérico de riesgo utilizado para evaluación de descargas de efluentes industriales

Tal como se indica en la figura, el estrés térmico y por contaminación química está determinado por los atributos del sistema de descarga. En este contexto, como se ha mencionado anteriormente, los atributos relevantes tienen relación con la selección del emplazamiento para realizar la descarga, el volumen de agua descargado, densidad del efluente, y la utilización emisarios y difusores. En general, el emplazamiento del punto de descarga estará determinado por requerimientos de los distintos grupos de interés en la vecindad del emplazamiento y criterios asociados a la minimización del área de mezcla y maximización de la capacidad de dilución. Los factores mencionados anteriormente son específicos de cada emplazamiento y grupo de interés involucrado. En general es importante evitar zonas de apilamiento de agua ya que tienden a retener y aumentar los tiempos de residencia. En contraste, las zonas más expuestas al viento tienden a aumentar la capacidad de mezcla del cuerpo de agua. Finalmente, la profundidad de la descarga tendrá distintos efectos dependiendo de la estratificación del cuerpo de agua.

5 REVISIÓN DE NORMATIVA CHILENA RESPECTO A CAPTACIÓN Y DESCARGA DE AGUA

El diseño y operación de una planta termoeléctrica, particularmente aquellas que utilizan ciclos de vapor, está sujeto a distintos requerimientos que en definitiva definen cómo la central interactúa con el medio ambiente en términos de emisiones atmosféricas, residuos líquidos, captación de agua, residuos sólidos, sustancias peligrosas y ruido. En Chile, los principales aspectos normativos identificados se encuentran listados en la Figura 14. En el país no existe una norma o una guía que defina como se minimizan los riesgos o impactos ambientales asociados al retiro de agua de los distintos cuerpos de agua del país. La forma en la que se mitigan los impactos ambientales asociados al retiro de agua queda a discreción del promotor del proyecto y el sistema de evaluación ambiental.

1. Emisiones Atmosféricas

DS Nº 13/2011: Norma de emisiones para centrales termoeléctricas (*)
DS Nº 138/2005: Obligación de declarar emisiones (&)
DS Nº 55/1994: Norma emisiones a vehículos motorizados pesados (#)
DS Nº 10/2013: Reglamento de calderas y generadores a vapor (&)
DS Nº 144/1961: Normas para evitar emanaciones atmosféricas (&)

2. Residuos Líquidos

DS Nº 90/2000: Regula contaminantes asociadas a descargas de residuos líquidos en aguas marinas y continentales superficiales (%)
DS Nº 1/1992: Reglamento para el control de contaminación acuática (@)
DL Nº 2222/1978: Ley de navegación. Artículo 142 (@)
DFL Nº 340/1960: Ley sobre concesiones marítimas (@)
DS Nº 2/2006: Reglamento sobre concesiones marítimas (@)
DFL Nº 725/1967. Código Sanitario. (&)

3. Captación de Agua

DFL Nº 340/1960: Ley sobre concesiones marítimas (@)
DS Nº 2/2006: Reglamento sobre concesiones marítimas (@)
DS Nº 475/1995: Establece Política Nacional de Uso de Borde Costero (@)

4. Residuos Sólidos {DS Nº 594/1999, DS Nº 148/2003} (&)

5. Sustancias Peligrosas {DS Nº 78/2009 (&), DS Nº 160/2008 (**)}

6. Ruidos {DS Nº 146/1997 (%), DS Nº 38/2011 (*)}

7. Plan de Seguimiento de Variables Ambientales {RE 223/2015} (*)

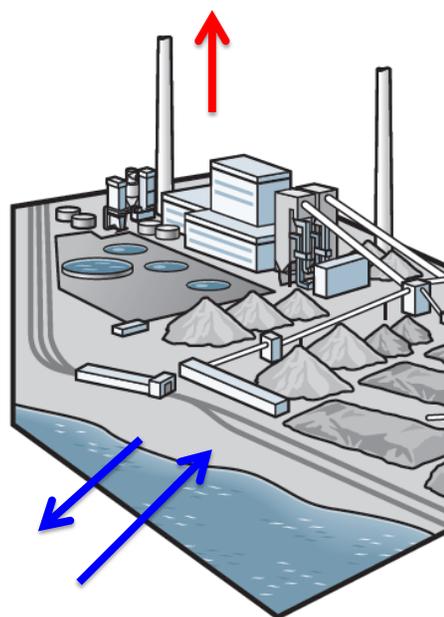


Figura 14: Principales aspectos regulatorios que rigen actualmente la definición y operación de una Central Termoeléctrica en Chile³³

Para evaluar la factibilidad de definir una norma que regule la captación de agua de sistemas industriales, particularmente de plantas termoeléctricas, se revisó diversas definiciones asociadas al marco regulatorio asociado al Ministerio de Medio Ambiente; Ministerio de Energía; Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Ministerio de Defensa Nacional; entre otros.

³³ (*) Ministerio de Medio Ambiente; (&) Ministerio de Salud; (#) Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; (%) Ministerio Secretaría General de la Presidencia; (@) Ministerio de Defensa Nacional; (**) Ministerio de Economía.

5.1.1 Comentarios Generales de los Instrumentos Revisados

A continuación se sintetizan los instrumentos revisados.

| | | | |
|--------------------|---|------------------------------|--------------|
| Instrumento | Decreto 476 | Fecha de Promulgación | Agosto, 1977 |
| Título | Promulga el convenio sobre prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, con sus anexos I, II y III, del año 1972 | | |
| Organismo | Ministerio de Relaciones Exteriores | | |
| Objetivo | <p>Promover el control efectivo de todas las fuentes de contaminación del medio marino y tomar el compromiso de adoptar todas las medidas posibles para impedir la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias que puedan constituir un peligro para la salud humana, dañar los recursos biológicos y la vida marina, reducir las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otros usos legítimos del mar.</p> <p>Se compromete a adoptar medidas para armonizar políticas asociadas a impedir la contaminación del mar, causada por vertimiento.</p> | | |
| Comentario | Las partes contratantes del convenio son los países, por lo que no se impone obligaciones particulares a los proyectos ni a sus titulares. | | |

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|---------------|
| Instrumento | Decreto 38 | Fecha de Promulgación | Octubre, 2012 |
| Título | Aprueba reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión | | |
| Organismo | Ministerio de Medio Ambiente | | |
| Objetivo | Establecer las disposiciones para la dictación de normas de calidad ambiental primarias y secundarias y el procedimiento y los criterios para la revisión de dichas normas. Además establece el procedimiento para la dictación de normas de emisión. | | |
| Comentario | <p>Las normas secundarias de calidad ambiental se basan en la definición de valores de concentraciones y períodos, máximos o mínimos, permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente.</p> <p>Además se establece que los antecedentes asociados a la definición de una norma de emisión se utilizan para establecer la carga y/o concentración o límite máximo permitido para un contaminante, medido en el efluente de la fuente emisora en un tiempo determinado.</p> <p>Este requerimiento no tiene relación con los desafíos orientados a la definición de criterios o medidas para reducir los efectos de atrapamiento y arrastre sobre organismos.</p> | | |

| | | | |
|--------------------|---|------------------------------|-------------|
| Instrumento | Decreto 295 | Fecha de Promulgación | Abril, 1986 |
| Título | Promulga el protocolo para la protección del pacífico sudeste contra la contaminación proveniente de fuentes terrestres y sus anexos | | |
| Organismo | Ministerio de Relaciones Exteriores | | |
| Objetivo | <p>Compromiso a adoptar medidas apropiadas para prevenir, reducir o controlar la contaminación del medio marino procedente de fuentes terrestres, cuando produzcan o puedan producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculación de las actividades marinas, incluso la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento.</p> <p>Se establece un compromiso a prevenir, reducir y controlar la contaminación de fuentes terrestres provocadas por las sustancias enumeradas en el Anexo I del protocolo. También se deben reducir gradualmente la contaminación de fuentes terrestres provocada por las sustancias enumeradas en el Anexo II. Finalmente se indica que se deben establecer prácticas y procedimientos comunes referentes a los estudios para determinar la longitud, profundidad y posición de emisarios costeros; prescripciones especiales para los efluentes que necesiten un tratamiento separado; calidad necesaria de las aguas marinas para garantizar la preservación de la salud humana, de los recursos vivos y de los ecosistemas, etc.</p> <p>Se indica además que para la expedición de una autorización de descarga de desechos que contengan las sustancias indicadas en los Anexos I y II del protocolo, se tendrán en cuenta factores como el emplazamiento y tipo de descarga, la dilución inicial lograda en el punto de descarga en el medio marino receptor, las 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, las características del agua receptora, la capacidad del medio marino receptor para absorber las descargas de desechos sin efectos desfavorables, entre otros factores.</p> | | |
| Comentario | Las partes contratantes del convenio son los países, por lo que no se impone obligaciones particulares a los proyectos ni a sus titulares. | | |

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|-----------------|
| Instrumento | Decreto 475 | Fecha de Promulgación | Diciembre, 1994 |
| Título | Establece política nacional de uso del borde costero del litoral de la república y crea comisión nacional que indica | | |
| Organismo | Ministerio de Defensa Nacional | | |
| Objetivo | <p>Propender a 1) una adecuada consideración de la realidad geográfica de cada una de las áreas del litoral que en algunos casos condicionan en forma determinante usos específicos; 2) el desarrollo de los recursos y riquezas de los distintos sectores; 3) la protección y conservación del medio ambiente marítimo, terrestre y aéreo, acorde con las necesidades de desarrollo y las demás políticas fijadas sobre tales materias; 4) una adecuada compatibilización de las múltiples actividades que se</p> | | |

| | |
|-------------------|--|
| | realizan o puedan realizarse en el borde costero. Además se busca posibilitar el desarrollo equilibrado de las diferentes actividades y contribuir a la identificación de las perspectivas y proyecciones futuras de cada una de las actividades que precisen ser ejecutadas en los espacios territoriales que conforman el borde costero. |
| Comentario | Se crea una Comisión Nacional de Uso de Borde Costero donde participan representantes de diversos Ministerios, dentro de los cuales no se encuentra formalmente incluido el Ministerio de Energía. |

| | | | |
|--------------------|---|------------------------------|---------------|
| Instrumento | Decreto 40 | Fecha de Promulgación | Octubre, 2012 |
| Título | Aprueba reglamento del sistema de evaluación ambiental | | |
| Organismo | Ministerio de Medio Ambiente | | |
| Objetivo | Establece las disposiciones por las cuales se regirá el sistema de evaluación ambiental y la participación de la comunidad en el proceso de evaluación ambiental. | | |
| Comentario | <p>En el Decreto se define el área de influencia como el espacio geográfico cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características indicadas en el artículo 11 de la Ley 19.300, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias.</p> <p>En este contexto, la definición de zonas de dilución o zonas de mezcla facilita la definición de área de influencia en el contexto de los requerimientos establecidos en el DS 40.</p> <p>El artículo 11 del Decreto establece que las normas de calidad ambiental y de emisión que se utilizarán como referencia para los efectos de evaluar si se genera o presenta el riesgo y los efectos indicados en el artículo 11 de la Ley 19.300 serán las vigentes en diversos países, mencionados en dicho artículo del DS 40. Se indica que para priorizar las normas de referencia se considerará aquel Estado que tenga similitud en sus componentes ambientales con la situación nacional, lo que debe ser justificado por el proponente.</p> <p>Es importante notar que generalmente el objetivo de protección ambiental es específico de cada emplazamiento, lo que dificulta la utilización de normas de referencia de calidad y emisión extranjeras.</p> | | |

| | | | |
|--------------------|---|------------------------------|-------------|
| Instrumento | Resolución 223 | Fecha de Promulgación | Marzo, 2015 |
| Título | Instrucciones generales sobre la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental | | |

| | |
|-------------------|---|
| Organismo | Superintendencia de Medio Ambiente |
| Objetivo | Establecer las instrucciones generales para la elaboración de un plan de seguimiento de variables ambientales que debe considerar el componente ³⁴ y subcomponente ambiental ³⁵ , cuando corresponda, la variable a evaluar y los parámetros que serán medidos con dicho propósito. |
| Comentario | <p>Se establece que el plan de seguimiento de variables ambientales³⁶ considerará, entre otras cosas, él o los componentes, subcomponentes y variables ambientales que serán objeto de muestreo, medición, análisis y/o control. Se debe considerar además los parámetros³⁷ que serán utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales objeto de muestreo, medición, análisis, según corresponda.</p> <p>En este contexto, se considera necesario establecer si el atrapamiento y el arrastre de organismos por un sistema de captación son elementos sujetos a esta definición. Un juicio preliminar desarrollado en el contexto de este estudio indica que estas variables no estarían dentro del alcance estricto de la definición de un plan de seguimiento ambiental.</p> <p>Por lo tanto, es deseable establecer cómo la definición de un plan de seguimiento ambiental aplica a centrales con resolución de calificación ambiental aprobada, que no han definido objetivos de medición y seguimiento de métricas de atrapamiento y arrastre en sistemas de captación.</p> |

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|------------|
| Instrumento | Decreto Supremo 90 | Fecha de Promulgación | Mayo, 2000 |
| Título | Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales | | |
| Organismo | Ministerio Secretaría General de la Presidencia | | |
| Objetivo | <p>Prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores.</p> <p>Mediante su aplicación se tiene la intención que las aguas marinas y continentales superficiales mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación, de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República. Se</p> | | |

³⁴ Componente ambiental: Elemento constituyente del medio ambiente, siendo estos: agua, aire, suelo, biota y medio humano.

³⁵ Parte o dimensión constituyente de un componente ambiental.

³⁶ Variable ambiental: Atributo, característica o propiedad de naturaleza física, química, biológica y/o sociocultural, relativa a los componentes y subcomponentes ambientales, cuyo seguimiento y control permite caracterizar su estado y/o evolución.

³⁷ Parámetro: Elemento, analito, índice, indicador, dato o factor que permite establecer la magnitud de una variable ambiental.

| | establece que el monitoreo se debe efectuar en cada una de las descargas de la fuente emisora. | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---|--|---|----------------------|--------|--------|----------------|----------|----------|
| Comentario | <p>La norma establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile. Se aplica en todo el territorio nacional. Para ello se definen límites por tipo de cuerpo de agua: 1) cuerpos de agua fluviales, 2) cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor, 3) cuerpos de agua lacustres, 4) cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral, y 5) cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral.</p> <p>El Ministerio de Medio Ambiente está en proceso de revisión de la norma de emisión. De acuerdo a la información del Expediente del proceso de revisión de la norma, en la Resolución Exenta que aprueba el anteproyecto de la norma, se incorpora a los estuarios como nuevo ámbito territorial de aplicación de la norma, se incorporan nuevos parámetros de control (concentración máxima de cloro libre residual y trihalometanos³⁸ en la descarga), se modifican algunos valores límites (principalmente para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustre naturales y cuerpo fluvial afluente de cuerpo de agua lacustre), entre otros.</p> <p>A continuación se presenta los límites máximos propuestos para cloro libre residual y trihalometanos en aguas marítimas tanto dentro de la zona de protección litoral como fuera de ella.</p> <table border="1" data-bbox="441 1066 1412 1287"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cuerpos de agua marinos, dentro del ancho de la zona de protección litoral</th> <th>Cuerpos de agua marinos, fuera del ancho de la zona de protección litoral</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cloro libre residual</td> <td>1 mg/L</td> <td>2 mg/L</td> </tr> <tr> <td>Trihalometanos</td> <td>0,1 mg/L</td> <td>0,2 mg/L</td> </tr> </tbody> </table> | | Cuerpos de agua marinos, dentro del ancho de la zona de protección litoral | Cuerpos de agua marinos, fuera del ancho de la zona de protección litoral | Cloro libre residual | 1 mg/L | 2 mg/L | Trihalometanos | 0,1 mg/L | 0,2 mg/L |
| | Cuerpos de agua marinos, dentro del ancho de la zona de protección litoral | Cuerpos de agua marinos, fuera del ancho de la zona de protección litoral | | | | | | | | |
| Cloro libre residual | 1 mg/L | 2 mg/L | | | | | | | | |
| Trihalometanos | 0,1 mg/L | 0,2 mg/L | | | | | | | | |

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|------|
| Instrumento | Guía CONAMA | Fecha de Promulgación | 2005 |
| Título | Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas | | |
| Organismo | CONAMA | | |
| Objetivo | Servir de base técnica para la elaboración y homogeneización de las normas secundarias de calidad de aguas del país y particularmente proveer a los Comités Operativos y Ampliados que se constituyan en cada región, de propuestas de criterios, definiciones, clases de calidad, valores, parámetros, metodologías y gestión de programas de vigilancia, entre otros aspectos. | | |
| Comentario | En la Guía se indica que la calidad de las aguas continentales superficiales será de conocimiento público y será determinada para el caso de las aguas superficiales | | |

³⁸ Trihalometanos = Triclorometano + Tribromometano + dibromoclorometano + bromodiclorometano

continentales por la Dirección General de Aguas y/o por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante según corresponda. De la misma manera, la calidad natural de las aguas marinas será determinada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y/o el Servicio Nacional del Pesca.

Se definen las zonas de dilución de residuos líquidos como el volumen, área o zona donde se produce la dilución de uno o más compuestos o elementos en el cuerpo receptor provenientes de las descargas de residuos líquidos de establecimientos emisores. Para el caso de las aguas continentales superficiales y aguas marinas, la metodología y las zonas de dilución serán determinadas por la Dirección de Aguas y por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante según corresponda.

Se establece que la propuesta técnica de asignación de calidad será realizada por áreas de vigilancia. Tras revisar la Ley 19300 se estima que este requerimiento no es estrictamente necesario.

Se indica que las aguas continentales superficiales y marinas cumplirán con las normas secundarias de calidad respectivas, cuando el percentil 66 de las concentraciones de las muestras analizadas para un elemento o compuesto en un área de vigilancia durante dos años consecutivos, sea menor o igual a los límites establecidos.

Se indica que el cumplimiento de las normas secundarias de calidad no deberá verificarse dentro de la zona de dilución de los residuos líquidos. Por lo tanto es crítico la definición de una metodología y criterios para definir las zonas de dilución o zonas de mezcla. Se indica que la metodología será propuesta por la Dirección General de Aguas y por la Dirección General del Territorio Marino y Marina Mercante, según corresponda.

Se establece que la CONAMA coordinará a las autoridades competentes para los efectos de la elaboración de un informe nacional trienal sobre el estado de la calidad de las aguas del país.

La Guía establece criterios nacionales específicos para el establecimiento de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de aguas continentales superficiales, estableciendo valores máximos y mínimos a considerar (Tabla 1 de la Guía). De manera análoga establece criterios específicos para el establecimiento de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de aguas marinas (Tabla 3 de la Guía).

En este contexto se indica que las normas secundarias de calidad se aplicarán en el mar hasta una distancia equivalente a dos millas náuticas, siempre y cuando la profundidad a esa distancia sea mayor a 100 metros, de lo contrario, se aplicarán hasta la distancia equivalente al veril de los 100 metros de profundidad. Las distancias indicadas serán medidas desde la línea de la más alta marea.

| | Clase 1: Muy buena calidad | Clase 2: Buena Calidad | Clase 3: Regular Calidad |
|----------------------|--|--|--|
| Temperatura | La variación de temperatura no debe ser mayor a 2 °C | La variación de temperatura no debe ser mayor a 3 °C | La variación de temperatura no debe ser mayor a 5 °C |
| Cloro libre residual | < 0,002 mg/L | 0,002 – 0,01 mg/L | 0,01 – 0,1 mg/L |

Se indica que el cuerpo de agua Clase 1 indica que el agua es apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta Clase.

Finalmente se indica que corresponderá a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante y al Servicio Nacional de Pesca velar por el cumplimiento de la norma secundaria de calidad ambiental, de acuerdo a sus competencias.

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|------|
| Instrumento | DIRINMAR | Fecha de Promulgación | 2015 |
| Título | Directrices para la evaluación ambiental de proyectos industriales de desalación en jurisdicción de la Autoridad Marítima | | |
| Organismo | DIRECTEMAR | | |
| Objetivo | Definir los requerimientos básicos que deben contener los estudios o declaraciones de impacto ambiental de plantas desaladoras en jurisdicción de la Autoridad Marítima | | |
| Comentario | <p>En la Directriz se indica que para definir el área de influencia del proyecto se debe, entre otras materias, los resultados de los modelos de dispersión de campo lejano y campo cercano de la pluma de descarga de salmuera, representado en una carta en escala 1:10.000.</p> <p>Se establece que todos los procedimientos y análisis deben cumplir las instrucciones SHOA.</p> <p>La Directriz define que se debe indicar a qué distancia y profundidad se igualan la salinidad a la del medio receptor (en distintos escenarios). Se establece que se debe realizar la modelación de la descarga en los escenarios más desfavorables en términos oceanográficos, ambientales y de los bancos a proteger (no se deben realizar condiciones promedio). Adicionalmente, se debe informar las trayectorias probables de la pluma de dispersión como consecuencia de la dinámica propia de las corrientes marinas (no sólo simular la dilución inicial).</p> | | |

| | |
|--|---|
| | <p>La Directriz establece que la modelación de la dilución de la descarga de salmuera se debe realizar utilizando distintas configuraciones de difusores (número de difusores, distancia entre ellos, ángulo de inclinación, velocidad de descarga, variando composición de la salmuera). Lo anterior refleja un desafío ya que la composición de la salmuera dependerá de criterios de diseño de la planta de desalinización que podrían haber sido definidos con anterioridad.</p> <p>Respecto al cumplimiento de la norma de emisión, la Directriz indica que el DS 90 no regula la salinidad del efluente, factor que puede tener efectos negativos en el medio ambiente, e indica que no basta con cumplir con los requerimientos establecidos en el DS 90 para que Directemar autorice la descarga de una Planta Desaladora. Se indica que su aprobación dependerá del ecosistema circundante, la circulación hidrodinámica del cuerpo receptor y el correcto diseño del emisario entre muchos otros factores que se conjuen.</p> <p>Dado el contexto normativo vigente, a juicio de inodú el criterio sugerido en el párrafo anterior introduce incertidumbre al proceso de evaluación ambiental de un sistema de desalinización y plantea la necesidad de profundizar en requerimientos normativos en esta materia.</p> <p>Respecto a los requerimientos de succión, La Directriz establece que el diseño de la captación debe tener una velocidad de succión menor a 0,15 m/s, demostrable y/o menor a corrientes del lugar. Se indica la necesidad de contar con un monitoreo diario de velocidad de succión con registro electrónico trazable. Se establece que la entrada al cajón de succión debe contar con rejillas para evitar la entrada de fauna de interés a proteger o susceptible de ser afectada.</p> <p>A juicio de inodú, es deseable dar una mayor definición y flexibilidad a los requerimientos establecidos en la succión de agua. Es crítico tener en consideración criterios prácticos asociados a la medición de la velocidad de captación a la profundidad donde se realiza la captación, siendo una opción la demostración utilizando sólo cálculos de ingeniería.</p> |
|--|---|

| | | | |
|--------------------|---|------------------------------|-------------|
| Instrumento | Decreto 2, Modificado por el DS 213 | Fecha de Promulgación | Enero, 2005 |
| Título | Sustituye reglamento sobre concesiones marítimas, fijado por decreto (M) 660, de 1988 | | |
| Organismo | Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina | | |
| Objetivo | Establecer disposiciones respecto del otorgamiento de las concesiones marítimas. | | |
| Comentario | El DS 2 define como zonificación al proceso de ordenamiento y planificación de los espacios que conforman el borde costero litoral, que tiene por objeto definir el territorio y establecer sus múltiples usos, expresados en usos preferentes, y graficados en planos que identifiquen, entre otros aspectos, los límites de | | |

| | |
|--|--|
| | <p>extensión, zonificación general y las condiciones y restricciones para su administración, en conformidad con lo dispuesto en el DS 471 de 1994.</p> <p>En el artículo 5º se indica que el Ministerio podrá otorgar el uso particular de los bienes nacionales de uso público o bienes fiscales mediante decreto supremo de concesión marítima. Aquellas concesiones marítimas de escasa importancia y de carácter transitorio y cuyo plazo no exceda de un año, se denominan permisos o autorizaciones y son otorgadas directamente por resolución del Director.</p> <p>En el artículo 10º se indica que en caso que varios interesados soliciten concesión en todo o en parte, sobre un mismo sector, prevalecerá aquella solicitud cuyo objeto represente mejor el uso previsto para el área, de acuerdo a la zonificación respectiva, conforme con lo establecido en la Política Nacional de Uso de Borde Costero del Litoral de la República.</p> <p>Para los efectos de su otorgamiento y tramitación, las concesiones marítimas se clasificarán considerando el plazo de duración (el cual no podrá exceder de 50 años) y el monto de capital a invertir en la referida concesión. De este modo, el artículo 23º clasifica Concesiones marítimas mayores, Concesiones marítimas menores, y Permiso o Autorización.</p> <p>Se indica que, ante una solicitud de concesión, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante debe elaborar un informe que considere, entre otros factores, la compatibilidad o conveniencia del proyecto en relación con el desarrollo de los intereses marítimos del sector y de la zonificación establecida, en conformidad con el DS 475 de 1994.</p> <p>Se establece que podrá denegarse una solicitud de concesión marítima cuando terceros aleguen que ella les irrogará perjuicio. En tal caso, el solicitante dispone de un plazo de 30 días para lograr con los afectados un acuerdo sobre el particular. Este plazo rige desde la fecha en que la autoridad marítima comunica al solicitante la oposición que se ha manifestado a la concesión que impetra. Vencido el plazo antes señalado sin haberse alcanzado acuerdo sobre la materia, el Ministerio resolverá, luego de calificar la oposición pudiendo acoger o denegar la solicitud.</p> |
|--|--|

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|-------------|
| Instrumento | Ley 20249 | Fecha de Promulgación | Enero, 2008 |
| Título | Crea el Espacio Costero Marino de los Pueblos Originarios | | |
| Organismo | Ministerio de Planificación | | |
| Objetivo | Permitir la asignación de una superficie del borde costero marino a una comunidad indígena o asociación de comunidades indígenas que ejerzan uno o más usos consuetudinarios en dicho espacio en forma habitual, por la generalidad de los integrantes de la comunidad o asociación de comunidades y sean reconocidas colectivamente como manifestaciones de su cultura. | | |

| | |
|-------------------|--|
| Comentario | <p>Amparado por esta Ley, es posible suspender la tramitación de las concesiones de acuicultura, marítimas o Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) en virtud de la preferencia legal en favor de las comunidades indígenas por sobre otros actores interesados en el mismo espacio. Dicha preferencia es independiente de la fecha de presentación de las solicitudes. La suspensión se realiza hasta que se emita el informe del uso consuetudinario elaborado por la CONADI o hasta que se resuelva el recurso de reclamación que se hubiere interpuesto.</p> <p>Sin perjuicio de lo anterior, tratándose de concesiones de acuicultura, marítimas o AMERB, que ya fueron objeto de una suspensión durante su tramitación producto de una solicitud que no haya prosperado, y habiéndose realizado la consulta respectiva de conformidad con el artículo 8 inciso 4° y artículo 10 inciso 2° de la Ley, sin que el espacio hubiera sido solicitado en los plazos respectivos (tres meses si el informe de uso consuetudinario es negativo, un mes si es positivo), éstas continuarán con su tramitación hasta su término de tal forma que una solicitud posterior no tendrá el referido efecto suspensivo (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2014)</p> |
|-------------------|--|

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|--------------|
| Instrumento | Decreto 134 | Fecha de Promulgación | Agosto, 2008 |
| Título | Aprueba reglamento de la Ley N° 20.249 que crea el espacio costero marino de los pueblos originarios | | |
| Organismo | Ministerio de Planificación. | | |
| Objetivo | Permitir la asignación de una superficie del borde costero marino a una comunidad indígena o asociación de comunidades indígenas que ejerzan uno o más usos consuetudinarios en dicho espacio en forma habitual, por la generalidad de los integrantes de la comunidad o asociación de comunidades y sean reconocidas colectivamente como manifestaciones de su cultura. | | |
| Comentario | <p>En el artículo 3º se establece que los usos religiosos, recreativos y medicinales, así como las otras prácticas o conductas que se invoquen en la solicitud de espacio costero marino de pueblos originarios, serán considerados como consuetudinarios cuando hayan sido realizados por la generalidad de los integrantes de la comunidad o asociación de comunidades indígenas, según corresponda, de manera habitual y que sean reconocidos colectivamente como manifestaciones de su cultura. La realización general del uso considerará su ejecución material y el desarrollo de actividades vinculadas al mismo.</p> <p>Además se indica que para la determinación del carácter consuetudinario de una práctica o conducta, se entenderá que existe periodicidad cuando ésta se haya realizado a lo menos dos veces dentro de un período de diez años. En materia de uso pesquero, se entenderá que existe periodicidad cuando la actividad extractiva sobre recursos hidrobiológicos se ha ejercido uniformemente en temporadas de pesca continuas al menos cada tres años.</p> | | |

| | | | |
|--------------------|---|------------------------------|------|
| Instrumento | SHOA PUB 3201 | Fecha de Promulgación | 2015 |
| Título | Instrucciones Oceanográficas Nº 1, Especificaciones técnicas para mediciones y análisis oceanográficos. | | |
| Organismo | Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile | | |
| Objetivo | Establecer las normas a que deberán someterse las actividades oceanográficas que realicen las entidades y empresas que deban cumplir con el artículo 13 del Reglamento de Concesiones Marítimas; normativa legal que establece que los beneficiarios de concesiones marítimas otorgadas para la construcción de terminales marítimos, muelles, malecones, astilleros mayores u otras obras marítimas de envergadura similar, dentro del plazo que al efecto se les fije, deberán presentar a la Autoridad Marítima un estudio y planos ilustrativos sobre vientos, mareas, corrientes, oleaje, sondaje y calidad del fondo del mar, del lugar en que se instalarán dichas obras, los cuales previamente deben haber sido revisados y autorizados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. | | |

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|--|
| Instrumento | Guía Directemar | Fecha de Promulgación | |
| Título | Guía Metodológica sobre procedimientos y consideraciones ambientales básicas para la descarga de aguas residuales mediante emisarios submarinos | | |
| Organismo | DIRECTEMAR | | |
| Objetivo | Establece los procedimientos y consideraciones ambientales básicas para la descarga de aguas residuales mediante emisarios submarinos, aplicables a cualquier organismo, institución, empresa o industria, fiscal o particular que contemple la descarga de residuos líquidos o similares, o actividades similares, cuyo destino final sea el agua de mar o puertos sometidos a la jurisdicción de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante | | |
| Comentario | <p>La Guía establece que los emisarios submarinos son una buena solución a las descargas de residuos líquidos, siempre y cuando estas descargas cumplan con normas de emisión estrictas y debidamente fiscalizadas. Entre otras materias, se mencionan los siguientes aspectos:</p> <p>Se indica que el estudio que acompañe la propuesta o solicitud de descarga deberá estar acompañada de información cualitativa y cuantitativa sobre los usos del borde costero existentes en el área aledaña (1 Milla Náutica a cada lado) al lugar proyectado para el emplazamiento del emisario submarino.</p> <p>La Guía define que la información técnica que sea remitida o adjunta a una solicitud de descarga de aguas residuales a través de un emisario submarino, deberá basarse en antecedentes existentes y observaciones complementarias sobre: Trayectoria de corrientes marinas, Dilución, Estudios de T90, Línea Base de agua receptora, Caracterización de la Descarga, Condiciones Ecológicas, Actividades Pesqueras Extractivas, Consideraciones de Diseño y Construcción, Modelos matemáticos, Área de sacrificio, y Programa de Vigilancia Ambiental.</p> | | |

| | |
|--|---|
| | <p>Además se indica que la precisión de la información es importante. Sin embargo la guía menciona que no se requiere la rigurosidad de un estudio científico, puesto que no se tiene la intención de conocer la hidrodinámica de las corrientes, sino estimar los escenarios más desfavorables para diseñar un emisario con el suficiente margen de seguridad, minimizando con ello los riesgos ambientales que se vinculen a su funcionamiento.</p> <p>Se define que una descarga de residuo líquido no puede resultar incompatible con otros usos legítimos del borde costero, incluida la protección de las comunidades acuáticas y recursos hidrobiológicos existentes en el lugar y en las que se podrá restringir la descarga (mayores exigencias de largo y dilución inicial). Estas áreas son: Lagunas costeras, Humedales marinos con carácter de área protegida, Balnearios, Loberas, Parques o Reservas Marina, Cuerpos de agua con restringida circulación o escasa capacidad de renovación de sus aguas, Playas donde exista contacto directo, Áreas de Manejo, Bancos naturales de bivalvos, Sobre o cerca de caladeros de pescadores artesanales.</p> |
|--|---|

| | | | |
|--------------------|--|----------------------------|-------------|
| Instrumento | DFL N° 5 | Última Modificación | Abril, 2014 |
| Título | Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Decreto con Fuerza de Ley 34, de 1931, que legisla sobre la industria pesquera y sus derivados. | | |
| Organismo | Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca | | |
| Objetivo | La acción del referido Ministerio está encaminada a promover el desarrollo del sector pesquero nacional, la protección, conservación y aprovechamiento integral de los recursos hidrobiológicos y del ambiente acuático del país. | | |
| Comentario | <p>El Artículo 14º define entre las funciones del Ministerio la acción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> a.) Planificar y coordinar la política pesquera nacional e impartir las instrucciones generales de carácter obligatorio para su cumplimiento. b.) Adoptar medidas para evitar la introducción y propagación dentro del territorio nacional de enfermedades que afecten los recursos hidrobiológicos marinos y continentales y para combatir las existentes. c.) Aplicar las leyes y reglamentos sobre pesca y caza marítima, y d.) Dictar resoluciones respecto de la asignación de fondos que la Ley de Presupuestos destine a la Subsecretaría de Pesca para proyectos de investigación pesquera. <p>Por su parte, el Artículo 17º define entre las funciones del Subsecretario de Pesca el <i>“proponer al Ministro³⁹ las normas de protección, de control y de aprovechamiento racional de los recursos hidrobiológicos disponibles y de su medio.”</i> En este contexto, según el Artículo 18º corresponde a la División de Administración Pesquera la acción de <i>“proponer y evaluar las normas y medidas</i></p> | | |

³⁹ Ministro de Economía, Fomento y Reconstrucción.

| | |
|--|---|
| | <p><i>de administración, y de protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente.”</i></p> <p>La Ley General de Pesca y Acuicultura, Ley Nº 18.892 de 1989 y sus modificaciones, establece que el Estado de Chile tiene <i>“el derecho de regular la exploración, explotación, conservación y administración de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas”</i> (Artículo 1ºA). Además, en el Artículo 1ºB se indica que el objetivo de la Ley es <i>“la conservación y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio, de un enfoque ecosistémico en la regulación pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recursos.”</i></p> <p>En el Título IV, Párrafo 1º, se indican los requerimientos para definir el régimen de acceso y las atribuciones para la conservación de recursos hidrobiológicos. Particularmente, el artículo 47º reserva a la pesca artesanal <i>“el ejercicio de las actividades pesqueras extractivas no sólo en una franja del mar territorial de cinco millas marinas medidas desde las líneas de base normales⁴⁰, sino también en la playa de mar y en las aguas interiores del país.”</i> Además, indica: <i>“La extracción de recursos hidrobiológicos que se encuentran dentro de las aguas interiores⁴¹ son de exclusividad, en dicha área, de los pescadores artesanales inscritos en las pesquerías que correspondan.”</i></p> <p>Por lo tanto, dado que los sistemas de captación de agua de centrales termoeléctrica y sistemas de desalinización, bajo condiciones particulares de diseño y operación, podrían afectar la conservación, sustentabilidad y salvaguarda de ecosistemas acuáticos, en vista de los antecedentes presentados, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura estaría facultada para plantear una normativa sectorial con la finalidad de proteger la integridad de las especies hidrobiológicas y sus ecosistemas, particularmente los recursos hidrobiológicos, para minimizar el riesgo ambiental derivado de la captación de agua que realizan instalaciones industriales en aguas marítimas y terrestres.</p> |
|--|---|

| | | | |
|--------------------|---|------------------------------|---------------|
| Instrumento | Resolución 117 Exenta | Fecha de Promulgación | Febrero, 2013 |
| Título | Instruye normas de carácter general sobre procedimiento de caracterización, medición y control de residuos industriales líquidos. | | |
| Organismo | Ministerio de Medio Ambiente, Superintendencia de Medio Ambiente | | |

⁴⁰ Línea de base normal: línea de bajamar de la costa del territorio continental e insular de la República. En los lugares en que la costa tenga profundas aberturas y escotaduras, o en los que haya una franja de islas a lo largo de la costa situada en su proximidad inmediata, podrá adoptarse, de conformidad al Derecho Internacional, como método para trazar la línea de base desde la que ha de medirse el mar territorial, el de líneas de base rectas que unan los puntos apropiados.

⁴¹ Aguas interiores: son aquellas aguas situadas al interior de la línea de base del mar territorial.

| | |
|-------------------|--|
| Objetivo | Definir procedimiento de caracterización, medición y control de residuos industriales líquidos aplicables a todos los establecimientos que descarguen residuos industriales líquidos a aguas marinas, continentales superficiales o aguas subterráneas, o al estero Carén. |
| Comentario | <p>La Resolución indica que el monitoreo deberá ser efectuado en cada una de las descargas de la fuente emisora y deberá ceñirse estrictamente a lo dispuesto en el Programa de Monitoreo.</p> <p>Se indica que las fuentes emisoras de residuos industriales líquidos no podrán realizar actividades tendientes a diluir sus aguas residuales y deberán efectuar sus descargas exclusivamente en el punto de muestreo definido en el Programa de Monitoreo.</p> |

| | | | |
|--------------------|--|------------------------------|--------------------|
| Instrumento | Ley General de Pesca y Acuicultura | Fecha de Promulgación | 9 de febrero, 2013 |
| Título | Fija el Texto refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley Nº 18.892 y sus Modificaciones, Ley General de Pesca y Acuicultura | | |
| Organismo | Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción | | |
| Objetivo | <p>El Título I, Disposiciones Generales, en el Artículo 1 indica que “a las disposiciones de esta ley quedará sometida la preservación de los recursos hidrobiológicos, y toda actividad pesquera extractiva, de acuicultura y de investigación, que se realice en aguas terrestres, playa de mar, aguas interiores, mar territorial o zona económica exclusiva de la República y en las áreas adyacentes a esta última sobre las que exista o pueda llegar a existir jurisdicción nacional de acuerdo con las leyes y tratados internacionales.”</p> <p>Además, en el Artículo 1º A se indica que el Estado de Chile tiene el derecho a regular la exploración, explotación, conservación y administración de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas existentes en todos los espacios marítimos.</p> <p>De la misma manera, en el Artículo 1º B se indica que el objetivo de la ley es la conservación y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio, de un enfoque ecosistémico en la regulación pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recursos.</p> | | |
| Comentario | <p>Entre los factores que se describen en el artículo 1ºC, se indica que al momento de adoptar medidas de conservación y administración, así como al interpretar y aplicar la ley, se deberá tener en consideración lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecer objetivos de largo plazo para la conservación y administración de las pesquerías y protección de sus ecosistemas así como la evaluación periódica de la eficacia de las medidas adoptadas. - Aplicar en la administración y conservación de los recursos hidrobiológicos y la protección de sus ecosistemas el principio precautorio | | |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar el enfoque ecosistémico para la conservación y administración de los recursos pesqueros y la protección de sus ecosistemas - Recopilar, verificar, informar y compartir en forma sistemática, oportuna, correcta y pública los datos sobre los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas - Fiscalizar el efectivo cumplimiento de las medidas de conservación y administración, - Otras. <p>En vista de los objetivos de protección y conservación de los recursos hidrobiológicos, es deseable complementar el articulado de la Ley con atribuciones para la definición de requerimientos sobre actividades que, por su funcionamiento, afecten en distinto grado la conservación de recursos hidrobiológicos. Al revisar la Ley de Pesca vigente, se observa que si bien está la intencionalidad de actuar en esa línea, no se otorga a los organismos competentes las atribuciones para cumplir directamente con dicho objetivo.</p> |
|--|---|

5.1.2 Síntesis de la Normativa Vigente en Chile

La Figura 15 sintetiza la revisión de diversos documentos normativos y guías vigentes en Chile, analizadas en el desarrollo del proyecto. Se presenta la relación entre diversas instituciones, una interpretación de lo que a juicio de inodú corresponde a objetivos importantes, diversas métricas y las normas o guías vigentes. Los cuadrados de color azul indican que hay una relación directa importante entre dos elementos. Los cuadrados de color naranja indican una relación menos relevante.

Las métricas asociadas a la captación han sido agrupadas en un rectángulo de color rojo. Las métricas asociadas la descarga han sido agrupadas con un rectángulo color verde. Las métricas asociadas tanto a la captación como a las descargas han sido agrupadas en un rectángulo de color negro. Finalmente, las métricas asociadas a planificación territorial han sido agrupadas en un rectángulo de color amarillo.

Se observa una clara necesidad de establecer métricas asociadas a la captación. Actualmente, las métricas utilizadas están asociadas a la indicación de la directriz para la evaluación ambiental de proyectos industriales de desalación elaborada por Directemar elaborada el año 2015. Dicho documento es un avance en el contexto de lo normado en Chile respecto a materia de indicaciones de requerimientos a la captación de agua en procesos industriales (desalación), sin embargo, tiene elementos que deben ser mejorados.

De la misma manera, se observa una falta de definición de requerimientos asociados a la definición de área de influencia, que está relacionada a la definición de zonas de dilución o zonas de mezcla. El análisis de las zonas de dilución también está relacionado a la definición de estándares de calidad para el cuerpo de agua. Actualmente la guía CONAMA entrega ciertas indicaciones, pero no forman parte de una normativa que pueda ser exigible en el contexto del DS 40. Lo anterior produce que en

el proceso de evaluación de proyectos que han pasado por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental se focalice la revisión de los requerimientos asociados al Artículo 11º del DS 40 a la consideración de estándares de calidad definidos a nivel internacional, que en definitiva no están asociados al contexto nacional y a los objetivos o requerimientos de protección ambiental que se desea cumplir, que en definitiva son específicos a las especies que se desea proteger en Chile.

Desde el punto de vista de planificación territorial, actualmente sólo está relacionada a la zonificación definida por la Comisión de Nacional de Uso de Borde Costero, instancia donde no está definida la participación formal del Ministerio de Energía. Dado las implicancias que el uso de agua tiene en la eficiencia de un ciclo termoeléctrico, y por consiguiente en las emisiones, no se observa en los instrumentos actuales la incorporación de la variable de disponibilidad de agua para uso en generación termoeléctrica en la evaluación de una posible zonificación.

Finalmente, dado que un objetivo estratégico está asociado al desarrollo de mecanismos de coordinación entre los diversos Ministerios y Servicios con competencia sobre el borde costero, se considera necesario reforzar actividades asociadas a una mayor coordinación técnica entre organismos como Directemar, Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Energía.

5.1.3 Desafíos Asociados a la Revisión del D.S. 90

Tomando como referencia ciertas regulaciones internacionales respecto a la descarga de agua de distintos procesos industriales (presentadas más adelante en la sección 8.1), la definición vigente del DS 90 refleja ciertas decisiones tempranas que derivan en diferencias en términos de la forma como se plantea la regulación en materia de descargas en Chile. Los aspectos relevantes identificados son los siguientes:

1. El DS 90 plantea límites máximos de descarga común por tipo de cuerpo de agua, independiente del proceso industrial; mientras que la regulación en Estados Unidos y Europa reconoce una relación entre las exigencias planteadas y el tipo de proceso industrial que realiza la descarga.
2. Los requerimientos de temperatura máxima del DS 90 se definen de manera puntual en la descarga, sin considerar que con el objeto de proteger el medio ambiente y la calidad del cuerpo de agua en la zona de descarga, es importante la definición requerimientos asociados a la pluma o la zona de mezcla. La regulación en Estados Unidos, Europa y otros países de la OECD han avanzado en definir exigencias para una zona de mezcla.
3. El DS 90 no plantea una relación directa con objetivos de conservar la calidad de los cuerpos de agua, la que sí está definida en la regulación de Estados Unidos y Europa. El Ministerio de Medio Ambiente ha avanzado en definir normas secundarias de calidad ambiental para la protección de aguas superficiales continentales, tales como la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Villarrica, Lago Llanquihue, Cuenca del Río Serrano y Río Maipo. En el futuro se podría replicar este esfuerzo a otros cuerpos de agua del país.

Es importante destacar que en caso de incumplimiento de una norma secundaria se genera un plan de descontaminación que puede entre otras medidas implicar cambiar las condiciones de descarga de una determinada instalación. En este contexto, un aspecto que se recomienda revisar tiene relación con la interacción entre el cumplimiento de objetivos derivados de una norma secundaria de calidad ambiental y el cumplimiento de exigencias derivadas del DS 90, sobre todo en situaciones donde eventualmente emerja un conflicto en la aplicación de ambas exigencias y exista más de una instalación que genere descargas afectada.

5.1.4 Respeto de la Entidad que Debería Impulsar el Desarrollo de la Nueva Normativa de Succión o Captación de Agua

En vista de los antecedentes presentados en esta Sección, y en el Anexo 4, la Subsecretaría de Pesca sería el organismo facultado en la actualidad para liderar el desarrollo de una normativa integral que regule el atrapamiento y arrastre de organismos hidrobiológicos en aguas territoriales superficiales y marítimas producto de la acción de procesos productivos.

Si bien el objetivo de protección y conservación ambiental está dentro del ámbito primario de acción del Ministerio de Medio Ambiente, la regulación vigente no otorga a dicho Ministerio de los instrumentos apropiados para regular de manera integral el atrapamiento y arrastre de organismos hidrobiológicos, y hacer aplicable una eventual normativa tanto a proyectos nuevos como existentes.

Para que el Ministerio de Medio Ambiente pueda definir una normativa integral que regule el atrapamiento y arrastre de organismos, se recomienda, preliminarmente, avanzar en las siguientes brechas identificadas en la Ley 19.300 y DS 38:

1. Agregar la definición de estrés ambiental.
2. Ampliar la definición de una norma secundaria de calidad ambiental no sólo conceptualizando su aplicación debido a la acción de un contaminante, sino también a un estrés determinado en el medio ambiente.
3. Modificar definición de Plan de Manejo de manera de permitir que eventuales requerimientos derivados de su aplicación puedan ser exigibles a proyectos o actividades respecto de los cuales se hubiere aprobado un Estudio o una Declaración de Impacto Ambiental.
4. Permitir que las exigencias derivadas de una eventual definición de norma secundaria o plan de manejo no sólo correspondan a valores para un parámetro determinado, sino también a exigencias funcionales y de diseño que en definitiva permitan más flexibilidad al planteamiento de una eventual normativa.

6 ALTERNATIVAS DE GESTIÓN Y DE REGULACIÓN ASOCIADAS A LA CAPTACIÓN O SUCCIÓN DE AGUA

Generalmente se utilizan dos estrategias para reducir el estrés por atrapamiento y arrastre, las que están relacionadas a la forma de definir la regulación o guías indicativas en países como Estados Unidos y Europa.

La primera estrategia se basa en la reducción del flujo de captación de agua. En el contexto de sistemas de enfriamiento asociado a instalaciones industriales, se utiliza una tecnología o se opera de una manera que permita reducir parcial o totalmente la cantidad de agua retirada. Para plantas termoeléctricas ello significa contar con una central de mayor eficiencia o modificar el sistema de enfriamiento.

En el contexto de sistemas de desalinización, la reducción de flujo de agua captada podría no ser una opción viable debido a que una disminución del flujo de entrada generalmente conlleva una menor producción de agua. Sin embargo, el desafío puede ser planteado como una necesidad de aumentar la tasa de recuperación de agua o la eficiencia del ciclo de desalinización, y disminuir la demanda de agua en sistemas auxiliares (como el agua eventualmente utilizada para disolver la salmuera).

La segunda forma de reducir el estrés por atrapamiento y arrastre está asociada a la instalación de tecnologías que permitan excluir organismos del sistema de captación o permitan recolectar los organismos para facilitar su retorno al cuerpo de agua (US EPA, 2014).

Otras dos medidas de gestión que generalmente no son factibles de aplicar en todas las instalaciones, pero que cuando pueden ser aplicadas contribuyen a reducir el impacto de atrapamiento y arrastre están asociadas a: 1) la relocalización de la entrada al sistema de captación en un área de menor riqueza biológica (más alejada de la costa y más profunda), y 2) la reducción de la velocidad del agua en la entrada del sistema de captación. La reducción de velocidad puede ser una medida efectiva para reducir el atrapamiento, pero puede tener un desempeño más limitado en la reducción de arrastre (US EPA, 2014).

Una vez que se ha identificado y definido el objetivo de protección ambiental, se deben determinar las opciones de gestión posibles para reducir los riesgos no tolerables. Dichas opciones dependen de los atributos del cuerpo de agua, las especies que se desea proteger, el sistema industrial y el sistema de captación de agua. Las opciones están orientadas a reducir la exposición de los organismos de interés a la Fuente de Estrés y a disminuir la mortalidad de organismos.

Tomando como referencia lo indicado anteriormente, en este capítulo se revisan las siguientes materias:

1. Alternativas que permiten gestionar los impactos producto de atrapamiento y arrastre en sistemas de captación de agua: Sección 6.1
2. Revisión de normativa internacional respecto de captación de agua: Sección 6.2.

6.1 Alternativas que Permiten Reducir o Gestionar los Impactos Asociados a Atrapamiento y Arrastre en Sistemas de Captación de Agua

Existen diversas alternativas que utilizadas de manera aislada o combinada contribuyen a balancear objetivos de mayor eficiencia en el uso de recursos con la capacidad de asimilación ambiental de los emplazamientos, protegiendo el medio ambiente y minimizando impactos irreversibles. La efectividad biológica y la factibilidad de aplicación práctica de cada alternativa dependen de las condiciones particulares del emplazamiento y del tipo de organismos presentes, lo que dificulta el planteamiento de soluciones estandarizadas.

La Tabla 13 sintetiza las distintas alternativas que contribuyen a reducir los impactos asociados al uso de agua en plantas termoeléctricas. Cabe destacar que un menor uso de agua no implica necesariamente menor impacto ambiental; es deseable considerar también los impactos directos e indirectos en la eficiencia y emisiones atmosféricas de la central (Inodu, 2014). Parte de las alternativas mencionadas también son válidas para proteger sistemas de captación asociado a plantas de desalinización.

Tabla 13: Alternativas para reducir la tensión entre el uso de agua y la producción de energía en plantas termoeléctricas en la captación de agua

| Interés de los Stakeholders: Reducción de | | Proceso o medida que contribuye al cumplimiento del objetivo | Alternativa tecnológica o de gestión |
|---|---|---|---|
| 3. Atrapamiento de organismos en sistema de captación | 4. Arrastre de organismos en sistema de captación | | |
| ✓ | ✓ | Selección - en etapa temprana de desarrollo - de una central más eficiente | Central más eficiente |
| ✓ | ✓ | Reducir el volumen captado desde el cuerpo de agua | Sistema de enfriamiento cerrado (húmedo o seco) |
| ✓ | ✓ | Selección - en etapa temprana de desarrollo - de emplazamiento apropiado para la ubicación del punto de captación del sistema de captación de agua | Emplazamiento apropiado del punto de captación |
| ✓ | ✓ | Bloquear físicamente el paso de organismos, usualmente utilizado en combinación con baja velocidad de toma de agua en el primer punto de contacto de organismos con el sistema de captación | Barreras físicas |
| ✓ | ✓ | Recolectar - activa o pasivamente - organismos para transportarlos a través de un sistema de retorno | Sistemas de recolección |
| ✓ | ✓ | Direccionar organismos a un sistema de retorno o área segura | Sistemas de redirección |
| | ✓ | Tomar ventaja de, o alterar, el comportamiento natural de organismos para repelerlos o atraerlos | Guías de comportamiento |

6.1.1 Sistema de Reducción de Retiro de Agua en Centrales Termoeléctricas

Dentro de esta categoría es posible plantear las siguientes opciones (US EPA, 2014):

- Utilización de sistemas de enfriamiento cerrados: húmedos, secos o híbridos
- Utilización de bombas de velocidad variable en el sistema de captación
- Utilización de medidas de control de flujo estacional

Una síntesis de los aspectos asociados a la relación entre el uso de agua y los sistemas de enfriamiento cerrados se presentó en la Sección 3.2.1. Para una mayor profundización se recomienda revisar el estudio “Antecedentes técnicos, económicos, normativos y ambientales de tecnologías de centrales termoeléctricas y sus sistemas de refrigeración,” publicado por la Subsecretaría de Energía de Chile (Inodu, 2014)⁴².

Adicionalmente, en el Anexo 14, se presenta un cálculo aproximado de las implicancias que tendría el reemplazo de un sistema de refrigeración abierto en una central termoeléctrica existente (genérica en Chile) por un sistema de refrigeración cerrado. Se concluye que la medida de reemplazar los sistemas de refrigeración para efectos de disminuir el retiro de agua en centrales existentes puede tener implicancias importantes en la eficiencia de la central, que en definitiva derivan en un mayor uso de combustible, un costo variable de la energía producida y un aumento en las emisiones atmosféricas producidas.

6.1.2 Emplazamiento Apropriado del Punto de Captación

El factor más importante que tiene una influencia sobre el riesgo de arrastre de organismos es la ubicación o emplazamiento del punto de captación. Por lo tanto, la selección apropiada del emplazamiento del punto de captación, sobre todo en aquellas zonas de menor riqueza biológica, permite reducir los efectos de atrapamiento y arrastre asociados a la succión de agua (US EPA, 2014). En el caso de plantas de desalinización, generalmente hay un foco en la búsqueda de un punto que permita contar con un agua con la menor cantidad de sólidos suspendidos posible.

El planteamiento de localizaciones fuera de la línea de la costa generalmente involucra la utilización de *velocity caps*, torres de captación o campanas de captación. Recientemente se han planteado experiencias con mallas cilíndricas con alambres trapezoidales o triangulares.

La mayoría de los sistemas de toma de agua fuera de la línea de la costa están instalados a una profundidad entre 5 y 15 metros, dependiendo de la pendiente del fondo marino. Se puede diseñar y construir un sistema de toma de agua a mayores profundidades considerando cuidadosamente los desafíos asociados a la mantención del sistema. Si se requiere mantención manual del sistema de captación, probablemente la mayor profundidad factible a evaluar para el emplazamiento del punto de succión debiera considerar como umbral aquella profundidad que no requiera

⁴² <http://www.minenergia.cl/documentos/estudios/2014/estudio-de-antecedentes-tecnicos.html> (última vez accedido en noviembre de 2015)

descompresión del buzo durante un periodo extendido de tiempo de trabajo. Por ejemplo, de acuerdo a la US Navy, si se considera una profundidad de 10 metros, se permite un trabajo por aproximadamente 160 minutos utilizando aire comprimido normal, antes que se requiera descompresión durante el ascenso.

Un estudio realizado por Vásquez et al. (2008) titulado “Análisis de los Potenciales Efectos Ambientales de la Operación de proyectos Termoeléctricos en ambientes marinos de la Cuarta Región”, establece: *“La profundidad donde se minimice el efecto de arrastre depende puntualmente de la localización y condiciones oceanográficas”, y agrega “sin embargo, un buen criterio es establecer la aducción a una profundidad mayor que aquella que se encuentre en la termoclina.”*

Tomando como referencia el requerimiento indicado anteriormente es importante definir qué se entiende por termoclina. La US Army Corps of Engineers define termoclina como aquella capa en el cuerpo de agua donde se alcanza el máximo diferencial de temperatura por unidad de profundidad, indicando más específicamente que es la capa en donde diferencia (caída) de temperatura es mayor o igual a 1 °C por metro de profundidad.

No obstante, es importante notar que la ubicación de la profundidad de la termoclina está expuesta y condicionada a episodios dinámicos que dependen de las condiciones oceanográficas del lugar de emplazamiento de las estructuras de captación. Esta dinámica física costera genera cambios y variaciones en la estructura térmica de la columna de agua en escalas espacio-temporales breves, provocando la ocurrencia de episodios de estratificación y/o mezcla de la columna de agua (Henríquez et al. 2007). La Figura 16 presenta el promedio (y su desviación estándar) de registros de mediciones de temperatura en un emplazamiento de la costa de Chile. Los datos fueron tomados cada 10 minutos durante 24 horas los días 20, 22, 24 y 28 de diciembre. En la figura es posible observar la variabilidad natural propia del sistema costero respecto de gradientes térmicos [(Costa Sur, 2015) Anexo 13].

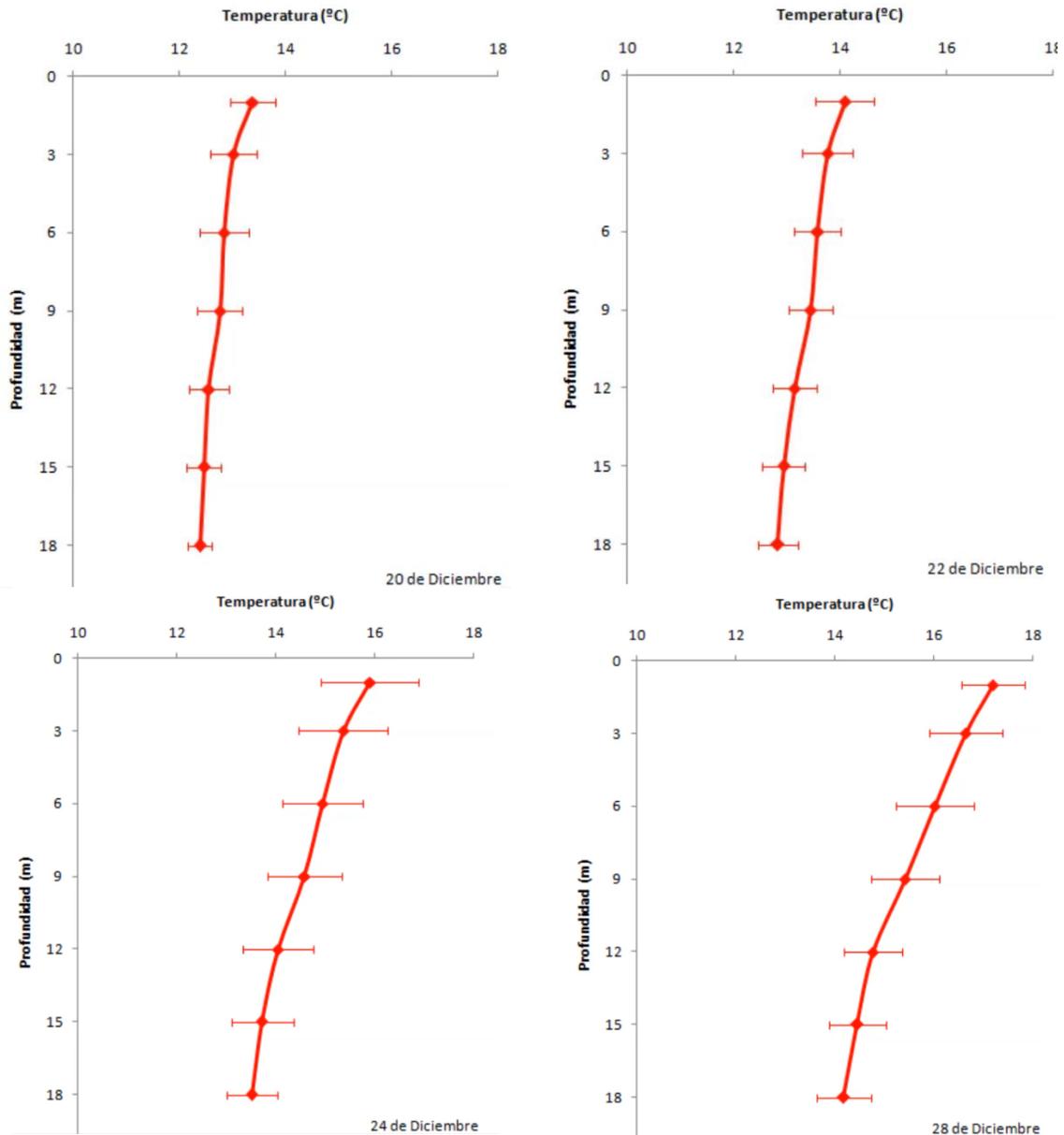


Figura 16: Variación Temporal del Perfil de Temperatura de la Termoclina (Costa Sur, 2015).

Se ha observado que en aguas someras prevalece la ocurrencia de capa de mezcla por sobre la estratificación y presencia de una termoclina estacional. Por lo tanto en condiciones reales es probable que se generen movimientos de parcelas de agua que pueden afectar los patrones de distribución y abundancias de organismos planctónicos en la columna de agua (Henríquez et al. 2007).

La necesidad de captar bajo la termoclina para evitar el efecto de ingreso masivo de biomasa zooplanctónica, es una recomendación que considera como supuesto el hecho que en sectores costeros la distribución de organismos en la columna de agua es restringida sólo a los estratos superficiales o que se encuentra estratificada con respecto a la termoclina. No obstante, Gray & Kingsford, 2003 presentan evidencia donde la termoclina no se considera una barrera física o

interfaz importante para las interacciones tróficas en zonas costeras, es más, argumentan que las termoclinas no son críticas para la supervivencia de estadios larvales de peces en aguas costeras relativamente poco profundas y que se caracterizan por procesos oceanográficos dinámicos donde las perturbaciones en la posición e intensidad de las termoclinas son frecuentes.

Por lo tanto, la termoclina no necesariamente puede ser considerada como un buen predictor de la distribución vertical de las larvas. Dicho lo anterior, se ha trabajado preliminarmente en definir los componentes principales de un estudio de caracterización que contribuya a probar que un emplazamiento determinado es o no adecuado. Para mayores detalles se recomienda revisar el Memo Alden incluido en Anexo 8.

Finalmente, desde el punto de vista de mantenimiento de un sistema de mallas pasivas, la distancia desde la costa y profundidad son dos factores importantes de diseño de sistemas de captación protegidos mediante mallas pasivas que utilizan aire comprimido como método de limpieza. Distancias mayores a 200 – 300 metros desde la línea de la costa podría dificultar el uso de sistemas de aire comprimido como procedimiento de limpieza de mallas cilíndricas con alambres trapezoidales o triangulares.

6.1.3 Sistemas de Protección del Sistema de Captación

La función del sistema de protección del sistema de enfriamiento de una planta termoeléctrica no sólo es reducir la probabilidad de obstrucción de tubos del condensador al impedir el paso de objetos y organismos presentes en el agua (biomasa), sino también, proteger a los organismos presentes en el medio acuático de los efectos que puede causar su atrapamiento en rejillas o su arrastre hacia el interior de sistema de enfriamiento de la central.

En una central termoeléctrica, como los tubos del condensador corresponden al punto de menor diámetro en el sistema de paso de agua de enfriamiento, y por lo tanto, tienen mayor riesgo de obstrucción; históricamente el tamaño de las ranuras de las mallas de protección del sistema de captación de agua ha sido determinado en función del diámetro de los tubos del condensador. Como regla general se ha utilizado que el tamaño de las ranuras de protección no debe ser mayor a la mitad del área de sección del tubo del condensador.

La selección de cualquier tecnología de protección del sistema de enfriamiento debe ser revisada con un entendimiento completo de los parámetros de diseño y operación de la planta. Para una planta nueva, se puede mantener cierta flexibilidad durante la etapa de diseño (hasta cierto grado de avance del proyecto). Para una planta existente, los parámetros de diseño y operación imponen restricciones importantes en el potencial de aplicación a una tecnología de protección del sistema de enfriamiento.

Los mecanismos de reducción de atrapamiento y arrastre de organismos mediante la protección del sistema de enfriamiento pueden tener un rol importante en el diseño de centrales termoeléctricas eficientes y operadas en armonía con el medio acuático, en localidades donde el volumen de agua retirado por la central es varios órdenes de magnitud inferior al volumen de agua disponible. Ciertos

autores indican que la reducción de atrapamiento y arrastre de organismos mediante reducción de flujo de agua (por ejemplo, torres de enfriamiento) podrían no ser, en todos los casos, la alternativa de diseño más conveniente para condiciones particulares del emplazamiento, debiendo ser consideradas otras soluciones de menor complejidad y costo (Hanson, White, & Li, 1977) (Haddingh, 1979). En este contexto, un reporte desarrollado el año 2010 por la Agencia de Medio Ambiente de Reino Unido indica que sistemas de refrigeración con torres de enfriamiento no han sido utilizados en plantas instaladas en las costas de Europa, siendo, a esa fecha, los sistemas de enfriamiento abierto los aplicados en estas situaciones⁴³.

Existen diversas tecnologías que utilizadas de manera aislada o combinada tienen el potencial de reducir el atrapamiento y el arrastre de organismos de manera significativa (US EPA, 2014, págs. 133-204) (US EPA, 2014, págs. 127-156). Su efectividad biológica y la factibilidad de aplicación práctica desde el punto de vista ingenieril son altamente dependientes de las condiciones particulares del emplazamiento y del tipo de organismos que se desean proteger. Por consiguiente, los costos asociados a la instalación de éstas tecnologías también es altamente dependiente de las condiciones particulares del emplazamiento (Taft & Cook, 2003).

La utilización de sistemas de protección del sistema de captación de agua debiera ser aceptable desde la perspectiva de reducción de impactos de arrastre. De acuerdo a lo indicado en el MEMO 1 de Alden adjunto en Anexo 8, es posible utilizar sistemas de protección del sistema de captación para proteger organismos acuáticos de los efectos de arrastre en niveles similares a los que se podría lograr con el cambio de sistemas enfriamiento abierto por uno cerrado, es decir, lograr un objetivo de reducción de arrastre organismos de interés en niveles cercanos a 90%. Por lo tanto, se puede indicar que ciertos sistemas de protección corresponden a la mejor tecnología disponible para minimizar los impactos de arrastre.

Sin embargo, es importante comprender y plantear adecuadamente el objetivo: exclusión física de la entrada de organismos o exclusión física y sobrevivencia. Si el objetivo es sólo la exclusión física de entrada de organismos, la selección adecuada de la separación de las mallas y de la velocidad de captación puede permitir lograr el objetivo de reducción de 90% en arrastre aproximadamente. Si el objetivo es una reducción de 90% en el arrastre de organismos y lograr una tasa de sobrevivencia de 100% en los organismos excluidos físicamente del sistema, es probable que el objetivo no sea alcanzable para todas las especies en sus distintas etapas de su ciclo de vida debido a la fragilidad de alguna de ellas. Estos aspectos son tratados con mayor detalle en MEMO 1 de Alden adjunto en Anexo 8.

⁴³ Los sistemas en la costa no enfrentan las limitaciones de capacidad térmica que podrían tener estuarios, ríos o lagos. Se asume que el sistema de descarga es diseñado y emplazado apropiadamente para evitar impacto de efectos térmicos, los que no representarían un problema fuera del límite de zona de mezcla.

Se puede considerar que una tecnología específica tiene efectividad biológica probada⁴⁴ si existen datos (preferentemente de implementaciones a escala industrial) que documenten que la tecnología ha sido efectiva protegiendo — en otras localidades — a uno o más organismos similares a los presentes zona de interés⁴⁵. Desde el punto de vista de ingeniería, una tecnología puede tener una ventaja sobre otra alternativa si, para una efectividad biológica similar, tiene menores requerimientos estructurales para su instalación.

El listado de tecnologías disponibles que, en distinta medida dependiendo de las condiciones del emplazamiento, tienen el potencial de reducir el atrapamiento y el arrastre de organismos por el sistema de captación de agua se presenta en la Tabla 14, donde agrupan las tecnologías según distintas familias. Por completitud se incluyen también las alternativas que involucran una reducción de flujo de agua. La tabla está basada en la información presentada en (Taft & Cook, 2003). Una comparación más extensiva de las ventajas y desventajas de los distintos conceptos es presentada en la Tabla 19-4 de (EPRI, 2005), en (Taft E. , 2000), en (Turnpenny & O'Keeffe, 2005) y (Alden, 2003).

Una familia corresponde a aquellas tecnologías que cumplen la función de bloquear físicamente el paso de organismos: barreras físicas (Anderson, 2004) (EPRI, 2006) (EPRI, 2006) (Watson, 2004) (Turnpenny & O'Keeffe, 2005). Desde la perspectiva biológica, esta tecnología es efectiva cuando se combina con una baja velocidad de captación de agua, en caso contrario, una barrera con aberturas más pequeñas para reducir el arrastre de organismos produciría un mayor atrapamiento de estos.

Una segunda familia tecnológica corresponde a aquellos sistemas que cumplen la función de recolectar, activa o pasivamente, organismos para transportarlos a través de un sistema de retorno (Sistemas de Recolección). Estos pueden ser combinados con Sistemas de Redirección, que orientan organismos a un sistema de retorno o zona segura. Finalmente se presentan aquellos sistemas que toman ventaja de, o tienen la capacidad de, alterar el comportamiento natural de los organismos para repelerlos o atraerlos (Guías de Comportamiento) (Brown, 2004) (EPRI, 2006) (EPRI, 2008) (Turnpenny, 2004). Estos sistemas no garantizan una barrera al paso de peces, por lo que

⁴⁴ Ha reducido de manera significativa el arrastre y el atrapamiento de organismos en aplicaciones a escala industrial.

⁴⁵ La EPRI recomienda que independiente del método para estimar el potencial de efectividad biológica, las fuentes de información y metodología sean citadas en un reporte técnico (EPRI, 2000). Se sugiere resumir la información para documentar la utilización previa de una tecnología y efectividad biológica teniendo en consideraciones factores de ambientales, de ingeniería, y de operación que podrían influenciar el desempeño de la tecnología en evaluación. La información deseable a presentar incluye: la localización donde ha sido utilizado el sistema, el tipo de cuerpo de agua, el tamaño de la planta (número de unidades y capacidad), el tipo de sistema de enfriamiento y flujo de agua requerido, el tipo de sistema de captación de agua, los parámetros de diseño de las rejillas de protección (tamaño de ranuras, velocidad de flujo de agua), las características del agua (temperatura, salinidad, sedimentos), presencia de residuos, características de bioincrustación, efectividad biológica, y referencias relevantes.

frecuentemente son utilizados en aplicaciones menos críticas, o adonde la alternativa es simplemente no tener sistema de protección.

Tabla 14: Alternativas Tecnológicas de Protección del Sistema de Enfriamiento

| | |
|---|--|
| <p>BARRERAS FÍSICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mallas estáticas - Sistemas de Mallas en tambor - Mallas en Cilindros con Alambre en V - Barreras - Banda móvil de paneles filtrantes - Filtros - Mallas en Disco Rotatorio - Diques porosos - Otros | <p>SISTEMAS DE RECOLECCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banda móvil con filtros de paneles - Bomba para peces <p>SISTEMAS DE REDIRECCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Paneles o mallas angulares - Paneles inclinados - Banda móvil con filtros de paneles - Persianas |
| <p>GUIAS DE COMPORTAMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estroboscopio - Lámpara de Mercurio - Sistemas acústicos - Infrasonido (menor 20 Hz) - Cortina de burbujas | <p>REDUCCIÓN DE FLUJO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bombas de velocidad variable - Reducción de operación de bombas - Sistemas de enfriamiento en ciclo cerrado o seco |

Una segunda familia tecnológica corresponde a aquellos sistemas que cumplen la función de recolectar, activa o pasivamente, organismos para transportarlos a través de un sistema de retorno (Sistemas de Recolección). Estos pueden ser combinados con Sistemas de Redirección, que orientan organismos a un sistema de retorno o zona segura. Finalmente se presentan aquellos sistemas que toman ventaja de, o tienen la capacidad de, alterar el comportamiento natural de los organismos para repelerlos o atraerlos (Guías de Comportamiento) (Brown, 2004) (EPRI, 2006) (EPRI, 2008) (Tumpenny, 2004). Estos sistemas no garantizan una barrera al paso de peces, por lo que frecuentemente son utilizados en aplicaciones menos críticas, o adonde la alternativa es simplemente no tener sistema de protección.

Las familias o categorías descritas anteriormente para los mecanismos reducción de atrapamiento y arrastre de organismos mediante protección del sistema de enfriamiento generalmente tienen distinto desempeño biológico dependiendo de la etapa de vida en que se encuentran los organismos que interactuarán con el sistema. La Tabla 15 presenta el nivel de efectividad para cada una de las cuatro familias identificadas para proteger organismos dependiendo de la etapa de vida en que se encuentren: huevo, larva, juvenil y adulto (EPRI, 2000).

En términos generales, se ha determinado que las alternativas de mitigación de atrapamiento basadas en la alteración del comportamiento de los organismos son generalmente poco efectivas en reducir el arrastre de larvas (Weisberg, Burton, Jacobs, & Ross, 1987). Por consiguiente, los siguientes conceptos pueden ser considerados con efectividad tecnológica limitada: Infrasonido, Lámpara de Mercurio, Pantallas eléctricas, y Cortina de Burbujas (Taft E. , 2000). Adicionalmente, estos sistemas son dependientes de factores medioambientales como el flujo de agua, turbiedad, profundidad, temperatura, entre otros.

Tabla 15: Potencial de Protección de las Familias de Concepto en Función de la Etapa de Vida del Organismo (EPRI, 2000)

| Concepto | Potencial de Protección en Etapa del Organismo | | | |
|-------------------------|--|-------|---------|--------|
| | Huevo | Larva | Juvenil | Adulto |
| Barrera Física | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Sistemas de Recolección | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Guías de Comportamiento | No | No | Sí | Sí |
| Sistemas de Redirección | No | No | Sí | Sí |

A continuación se revisan ciertas alternativas tecnológicas de sistemas de protección que han sido reconocidas como parte de las mejores alternativas disponibles para efectos de protección de sistemas de captación; sin perjuicio que puedan existir o desarrollarse otras con resultados, al menos, equivalentes.

a.) Velocity Cap y Torres de Captación de Baja Velocidad

Los Velocity Caps y las Torres de Captación corresponden a un sistema de captación instalado sobre el fondo marino, diseñado para cambiar la orientación del flujo de vertical a horizontal. De esta forma, limitan la zona de influencia del sistema de captación al nivel de profundidad donde se emplaza el sistema.

Se ha observado que los peces tienen una mayor capacidad de detectar variaciones de flujo horizontal que variaciones de flujo vertical. Los Velocity Caps tienen que generar velocidades suficientemente altas de modo que los peces puedan detectarlas, se recomienda velocidades horizontales entre 0,3 y 0,9 m/s (Pankratz, 2015). La velocidad del agua en un Velocity Cap es calculada en el plano vertical de la apertura. Se ha planteado que para generar un flujo que acelere de manera más gradual, y que de esa manera favorezca el tiempo de respuesta de los peces y otros organismos, se debe extender la tapa y la parte inferior de la apertura en un plano horizontal equivalente a 1,5 veces la altura de la apertura (Pankratz, 2015). La Figura 17 presenta un diagrama de un Velocity Cap. La Figura 18 presenta un perfil de velocidades calculado en la etapa de diseño de un Velocity Cap.

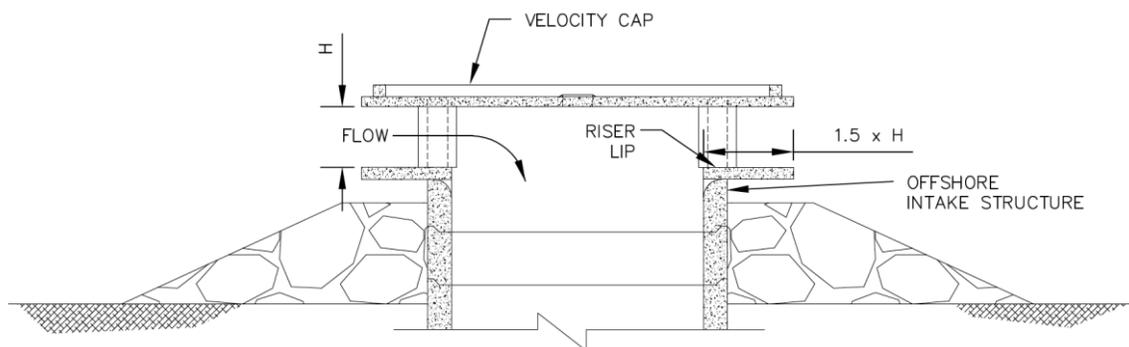


Figura 17: Diagrama de un Velocity Cap instalado en el fondo del mar (Alden)

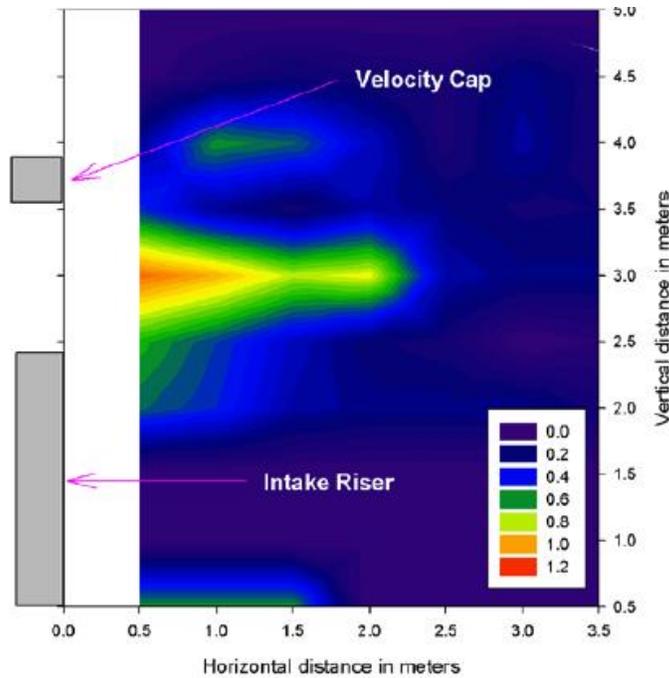


Figura 18: Cálculo de velocidad de flujo de agua (en fp/s) en la entrada de un velocity cap, Redondo Beach Units 7&8, Southern California (MBC Applied Environmental Sciences 2007)

Recientemente la definición de un velocity cap ha evolucionado más allá de su definición original y se utiliza incorrectamente para referirse a cualquier sistema de toma de agua cubierto en su parte superior, independiente de su velocidad de captación y la altura de su apertura. A modo de referencia, la Figura 19 presenta una torre de captación de baja velocidad instalada en una planta de desalinización en Australia. Esta situación ha sido aclarada por la EPA, quien en el proceso de revisión de la norma 316(b) indicó:

Tabla 16: US EPA, Respecto a los Velocity Caps (Federal Register/Val. 77, No. 112, Monday, June 11, 2012/ Proposed Rules, page 34320)

| | |
|--|--|
| <p><i>“EPA is aware that low intake velocity is sometimes confused with velocity cap technologies, and EPA would like to clarify that these concepts are not the same. Most velocity caps do not operate as a fish diversion technology at low velocities, and in fact are often designed for an intake velocity exceeding one foot per second.”</i></p> | <p>La EPA está consciente que un sistema de captación de agua de baja velocidad es considerado equívocamente como un Velocity Cap. La EPA desea clarificar que estos conceptos no son equivalentes. La mayoría de los Velocity Cap no operan como una tecnología que redirecciona peces a bajas velocidades de captación, de hecho generalmente son diseñados para operar a una velocidad de toma de agua que excede a 1 pies por segundo.</p> |
|--|--|

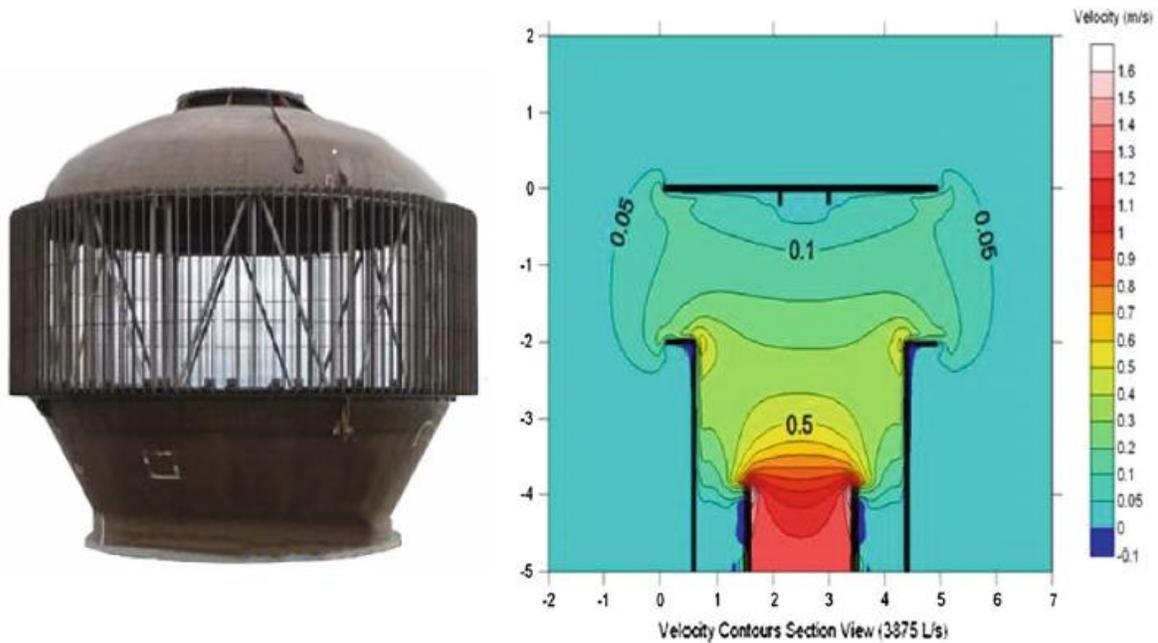


Figura 19: sistema de toma de agua cubierto en su parte superior, Gold Coast SWRO. Estructura (izquierda), Perfil de Velocidades de Captación (Derecha), (Craig, 2015)

De acuerdo a exigencias de la EPA, en Estados Unidos un Velocity Cap tiene que estar emplazado a una distancia mínima de 243 metros desde la línea de la costa y deben utilizar un sistema de barreras para impedir el paso de mamíferos marinos, tortugas de mar y otros organismos de tamaño considerable (US EPA, 2014). En California la regulación de sistemas de refrigeración abiertos de plantas termoeléctricas establece que las barras de protección tengan una separación que no supere las 9 pulgadas de manera de prevenir el atrapamiento de organismos de mayor tamaño.

La EPA ha indicado que no cuenta con datos que demuestren que Velocity Caps instalados a una distancia menor de 243 metros de la línea de la costa pueden cumplir consistentemente con los estándares que ha determinado. Adicionalmente, la EPA ha afirmado que la instalación de Velocity Caps a profundidades con menor riqueza productiva - al menos de 19,8 metros en el contexto de Estados Unidos - contribuye a disminuir el impacto ambiental asociado a la operación del sistema de captación con ducto sumergido (US EPA, 2014, p. 194).

Estudios considerados por la EPA durante el proceso de desarrollo de la normativa 316(b) en Estados Unidos indican que los Velocity Caps son suficientemente efectivos en reducir el atrapamiento y arrastre de organismos al sistema de captación de agua. No obstante, su nivel de desempeño puede variar en función de factores temporales y locales característicos del emplazamiento (Tetrattech, 2008c) (Tetrattech, 2014) (MBC Applied Environmental Sciences et al., 2007) (US EPA, 2014). Estudios realizados en el Reino Unido, que consideran condiciones de centrales termoeléctricas en emplazamientos en el Reino Unido, indican que el uso de Velocity Cap no sería por sí solo una solución para disminuir el arrastre en sistemas de captación de agua sumergidos; por lo tanto, se sugiere la utilización de velocity cap en conjunto con otras tecnologías, tales como: sistemas acústicos, cortina de burbujas, o sistema de retorno para peces (Turnpenny & O'Keeffe, 2005).

En síntesis, se puede mencionar que se ha demostrado, al menos en Estados Unidos, que un Velocity Cap diseñado apropiadamente puede reducir de manera efectiva el atrapamiento de organismos (en las figuras presentadas en el Anexo 7 se presentan ciertos detalles asociados a casos de estudio realizados en Southern California). Su efectividad en la reducción de arrastre dependerá del emplazamiento del sistema, siendo deseable que esté alejado de áreas de mayor productividad biológica (Hogan, Fay, Lattemann, Beck, & Pankratz, 2014).

Un aspecto práctico asociado a la verificación de velocidades de captación en terreno tiene relación con el efecto de la dinámica costera y sus agentes forzantes, que ocurren naturalmente en el medio marino, sobre las velocidades en la entrada de un Velocity Cap o Torre de Captación de Baja Velocidad. Ha sido posible observar velocidades de corrientes con magnitudes mayores a la velocidad de diseño producto de movimientos naturales de agua que están fuera del ámbito de control del operador de sistema de captación. Dada esta condición y las dificultades propias asociadas al registro de esta variable en mayores profundidades (aspectos logísticos), se estima más práctico basar el cumplimiento normativo de velocidades de captación utilizando cálculos de ingeniería, y no en mediciones reales de velocidad (Más detalles en la Sección 6.1.5 y Memo Alden incluido en Anexo 12). Como se verá más adelante en esta sección, lo anterior también corresponde a una de las alternativas de cumplimiento establecidas en la norma 316(b).” (Craig, 2015) (Pankratz, 2015) (Hogan, Impingement and Entrainment at SWRO Desalination Facility Intakes, 2015)

b.) Mallas Cilíndricas con Alambre de Forma Trapezoidal o Triangular (Cylindrical Wedge Wire Screen)

Las Mallas Cilíndricas con Alambre de Forma Trapezoidal o Triangular (Cylindrical Wedge Wire Screen) funcionan bajo el principio de exclusión física de entrada de manera de prevenir de forma pasiva el arrastre de organismos basados en su tamaño.

Exclusión Física de la Entrada de Organismos

En los sistemas de protección pasivos, la exclusión física de entrada es el factor principal a considerar al momento de evaluar la efectividad biológica. La exclusión física es una métrica que depende de las especies de interés, dado que hay diferencias importantes en las características morfológicas de distintas especies.

El factor principal a considerar al momento de determinar la exclusión física tiene relación con el tamaño de los organismos que se desea proteger en relación a la separación de los alambres. En el caso de larvas, se utiliza como métrica comúnmente aceptada el tamaño de la cabeza (porque es el elemento del cuerpo no comprimible de mayor diámetro) y el largo. A medida que el largo de las especies aumenta, la probabilidad de arrastre disminuye. La siguiente figura ilustra cómo la componente morfológica afecta la métrica de arrastre de distintos organismos ante una malla cilíndrica con alambre de forma trapezoidal o triangular de 2 mm de separación (Tim 2015).

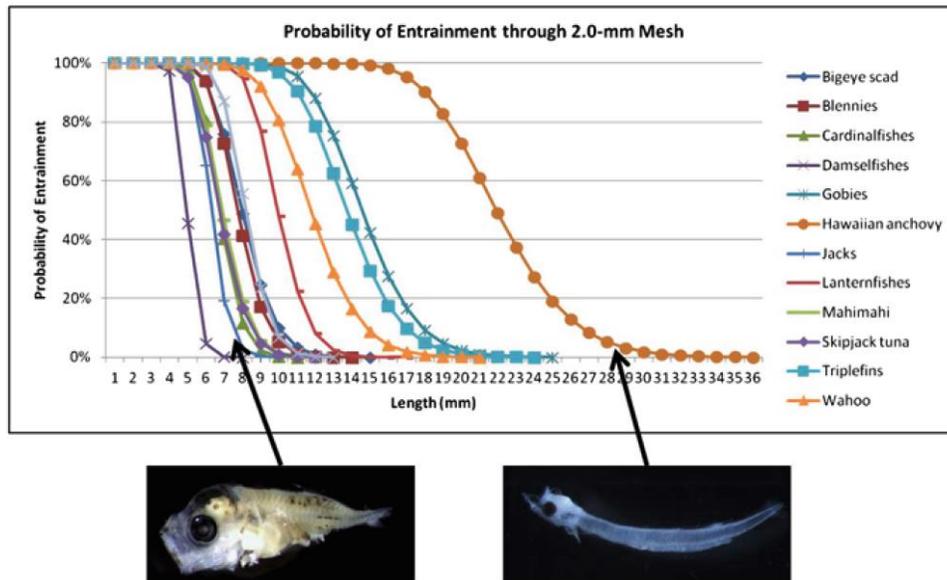


Figura 20: Probabilidad de arrastre de peces a través de una malla de 2,0 mm (Hogan, Impingement and Entrainment at SWRO Desalination Facility Intakes, 2015)

Es comúnmente aceptado que el efecto de atrapamiento en mallas pasivas que utilizan una baja velocidad de captación a través de la malla es prácticamente eliminado, por lo tanto se prescinde de la necesidad de determinar el potencial de sobrevivencia al efecto de atrapamiento.

En el Anexo 8 se desarrolla con mayor detalle el concepto de exclusión física [(Alden (m1), 2015)Anexo 8]. En el Anexo 12 se entregan ciertos comentarios en términos del grado de aplicación práctica que puede tener la definición de requerimientos de exclusión para zooplankton y phytoplankton, indicándose que no es un requerimiento alcanzable. La EPA no se habría pronunciado respecto a esta materia en el proceso de definición de la norma 316(b) [(Alden (m5) 2015) Anexo 12]

La efectividad potencial puede ser determinada basada en la distribución del tamaño de organismos presentes en el emplazamiento de interés, tomando en consideración que la malla excluirá aquellos organismos de tamaño igual o superior a la abertura o separación de los alambres. Estos sistemas son diseñados típicamente con bajas velocidades de captación a través de la malla (ejemplo: 0,15 m/s) para reducir el riesgo de atrapamiento (Hogan, Impingement and Entrainment at SWRO Desalination Facility Intakes, 2015) (Hogan, Fay, Lattemann, Beck, & Pankratz, 2014). La Figura 21 presenta una ilustración de Mallas Cilíndricas con Alambre de Forma Trapezoidal o Triangular.

Weisberg *et al.* 1987 indican que el arrastre a través de sistemas de captación de agua puede ser reducido significativamente utilizando Mallas en Cilindros con Alambre de Forma Trapezoidal o Triangular (con separación de hasta 3 mm), siempre y cuando los organismos en riesgo excedan los 5 mm de longitud (Weisberg, Burton, Jacobs, & Ross, 1987). Otro caso de estudio indica que un sistema con separación de 6 mm logró reducir el arrastre de huevos y larvas de peces en un 60% en un año, comparado con caso base (Normandeu Associates, Inc, 2008). PSEG Services Corporation proyectó la instalación de estos sistemas con una separación de 2 mm; estimando una reducción del arrastre de organismos de 98% comparado con un escenario base (PSEG Services Corporation, 2002).

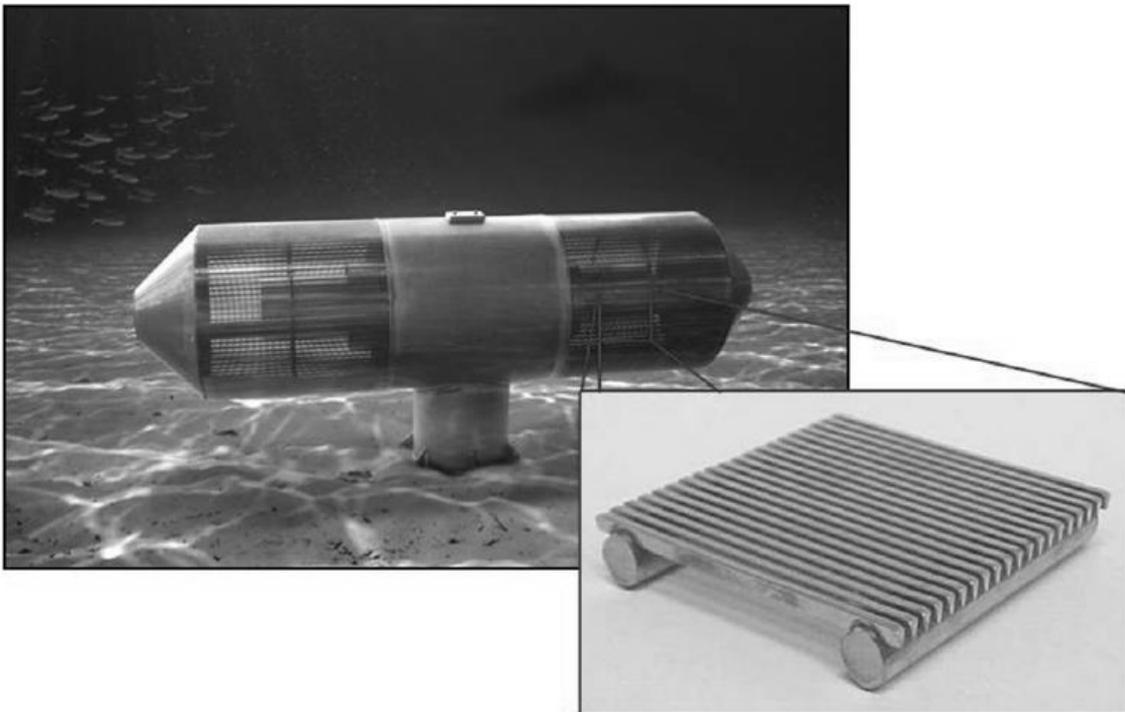


Figura 21: Mallas cilíndricas con alambre trapezoidal o triangular (Johnson Screen)

Otros estudios con resultados positivos asociados a la utilización de la utilización Cylindrical Wedge Wire Screens se presentan en (Ehrler & Raifsnider, 2000) (EPRI, 2005) (EPRI, 2006) (Turnpenny & O'Keeffe, 2005) (Normandeu Associates, 2009) (Bechtel, 2012). En Chile, la aplicación práctica de 10 filtros cilíndricos de 4 mm de abertura, instalados en la Central Santa María en la Bahía de

Coronel, ha sido monitoreada y verificada por estudios realizados por la Universidad de Concepción, que indican los siguientes resultados (Hernández E., 2014):

Tabla 17: Eficiencia de filtros tipo Cylindrical Wedge Wire Screens instalados en Central Santa María (adaptado de Hernández E., 2014)

| Componente analizado | Eficiencia del filtro |
|----------------------|-----------------------|
| Macrofauna | 98,30% |
| Biomasa | 99,20% |
| Macroalgas | 99,23% |
| Peces | 99,80% |
| Moluscos | 96,90% |
| Crustáceos | 99,90% |
| Algas verdes | 96,84% |
| Algas rojas | 99,95% |
| Algas pardas | 95,45% |
| Otros organismos | 96,90% |

Por su principio de operación, es decir, la reducida velocidad de captación y su limitada zona de influencia hidrológica, las Mallas Cilíndricas con Alambre de Forma Trapezoidal o Triangular han mostrado que prácticamente pueden eliminar el atrapamiento de organismos. Es importante notar que el desempeño biológico y de ingeniería de estos sistemas es optimizado cuando hay una velocidad en el ambiente marino suficiente para arrastrar organismos y desechos fuera de la pantalla del filtro (Hogan, 2015). Por lo tanto, a medida que se maximiza la razón entre la velocidad natural del medio acuático y la velocidad a través de la malla, mejora el desempeño del filtro en términos de exclusión de organismos y desechos presentes en el medio acuático [(Alden (m1), 2015), Anexo 8].

Si bien el nivel de abertura o separación en Cylindrical Wedge Wire Screens es un parámetro de diseño relevante, durante la definición de la normativa EPA 316b en Estados Unidos se determinó que no es necesario normar este parámetro debido a que las condiciones particulares de un emplazamiento pueden resultar tanto en sobre como sub especificaciones de diseño (Tetra Tech Inc., 2008).

Se han identificado dos obstáculos para la utilización de esta tecnología: Primero, su efectividad biológica está asociada a una velocidad de captación baja en la entrada de la malla, por lo tanto, para aplicaciones donde se requiere una cantidad importante de agua se debe utilizar una cantidad considerable de equipamiento, y por lo tanto, espacio. Esta mayor exigencia de espacio está asociada a los requerimientos y procedimientos administrativos de solicitud de concesión marítima en Chile (DFL Nº 340, 1960). Segundo, las mallas pueden estar sujetas a formación biológica por incrustación (*fouling*), efecto que se puede mitigar dependiendo del material utilizado y la operación apropiada de mecanismos de inyección de aire (Ng, Zheng, & Taylor, 2005).

Evaluaciones realizadas a la utilización de Cylindrical Wedge Wire Screens indican que la ubicación del sistema de captación de agua es un factor importante que afecta los criterios de diseño y la

efectividad del sistema, la cual depende de las características biológicas del sitio y de las corrientes de agua (Brandt, 2004) (Alden Research Laboratory Inc, 2004) (Watson, 2004) (Taft E. , 2000, págs. Anexo p. 29 - 30). La disposición de los filtros depende de la profundidad del agua, el espacio disponible y otros factores, pero las opciones tecnológicas disponibles hacen que la configuración sea flexible. La Figura 22 ilustra un esquema de la disposición de mallas cilíndricas en un sistema de captación existente.

Dependiendo de las condiciones del sitio y las características de los organismos a proteger, las aberturas a considerar van desde 0,5 a 9,5 mm. La abertura más utilizada en el Reino Unido es 3 mm (Turnpenny & O'Keeffe, 2005), pero en definitiva, dependiendo de las condiciones particulares del lugar y los objetivos de protección se debe buscar un compromiso el área de abertura y el filtrado de desechos y organismos. Aberturas más pequeñas requieren una mayor superficie de filtrado, y por consiguiente mayor número de filtros y disposición de espacio, lo que también se traduce en un costo mayor.

De acuerdo a una guía de buenas prácticas publicada por la Agencia de Medio Ambiente de Reino Unido, la profundidad de instalación mínima requerida para este tipo de filtros corresponde a medio diámetro de la pantalla del cilindro. Si la instalación se realiza sobre el lecho marino, dicha institución recomienda una distancia similar entre el extremo del cilindro y el fondo del mar.

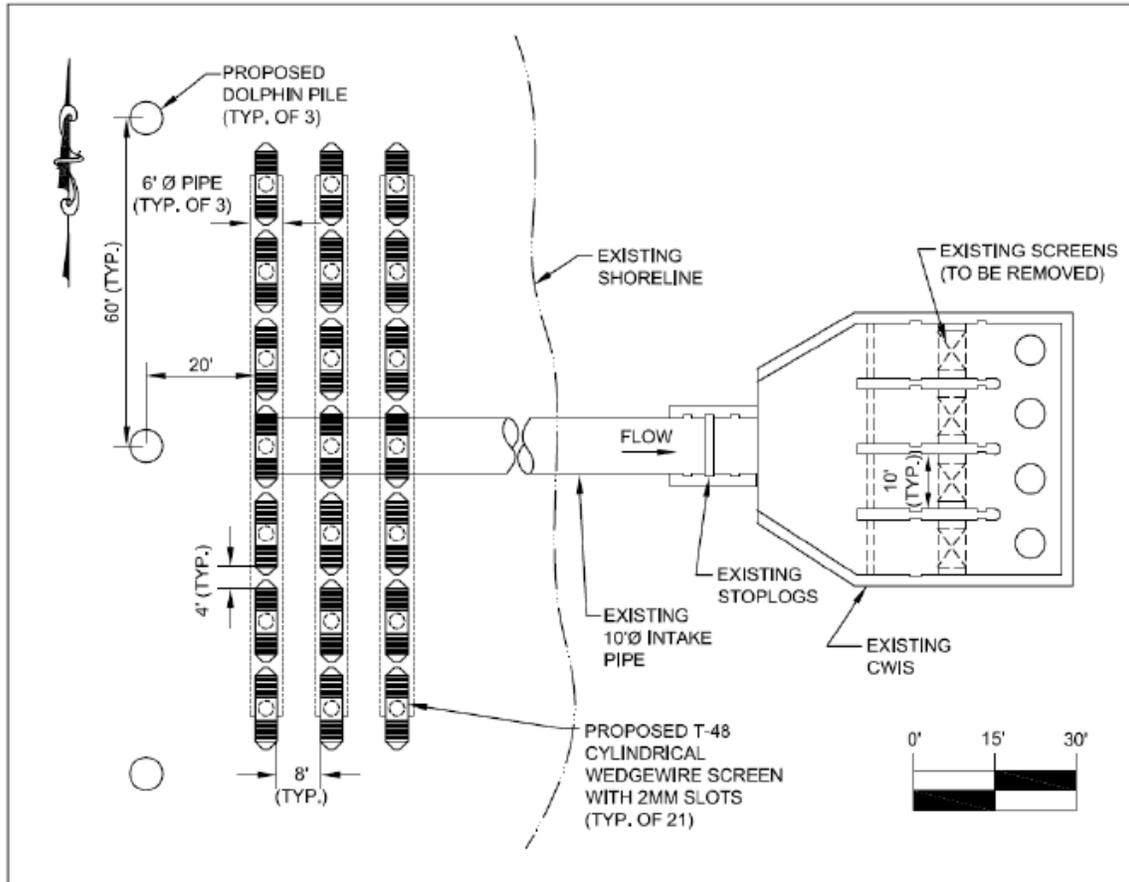


Figura 22: Disposición de la instalación de Cylindrical Wedge Wire Screens para un sistema de captación de agua (Hogan, Fay, Lattemann, Beck, & Pankratz, 2014)

c.) Mallas Móviles Modificadas (Modified Traveling Water Screens)

Las mallas móviles convencionales son parte del equipamiento estándar en la mayoría de los sistemas industriales de captación de agua de alto volumen. La función primaria de estas mallas es prevenir el ingreso de residuos que tienen el potencial de tapar el equipamiento de la planta (ejemplo: los tubos del condensador en una planta termoeléctrica).

La capacidad de una malla móvil de actuar como una barrera física ante peces, sin resultar en atrapamiento, depende de diversas consideraciones específicas del emplazamiento, tales como el tamaño de los peces, la velocidad del flujo de agua, la ubicación de las mallas, y la presencia de rutas de escape. Si la velocidad a través de la malla excede la capacidad de nado del organismo, este será atrapado.

Generalmente, sin la incorporación de elementos que contribuyan a la protección de peces, tales como canastillos de recolección, un sistema de lavado con agua a baja presión (ejemplo: 5-20 psi)⁴⁶, y un sistema de retorno de peces, las mallas móviles sólo se desempeñan como una barrera física a aquellos organismos que son capaces de nadar en sentido inverso al flujo. Los elementos mencionados anteriormente pueden ser incorporados en mallas móviles para mejorar la tasa de sobrevivencia de organismos atrapados (Hogan, Fay, Lattemann, Beck, & Pankratz, 2014). La Figura 23 ilustra el principio de funcionamiento de esta tecnología. Las mallas móviles modificadas también son conocidas como pantallas Ristroph. Es importante tener en consideración que es posible encontrar diversas variaciones de esta tecnología.

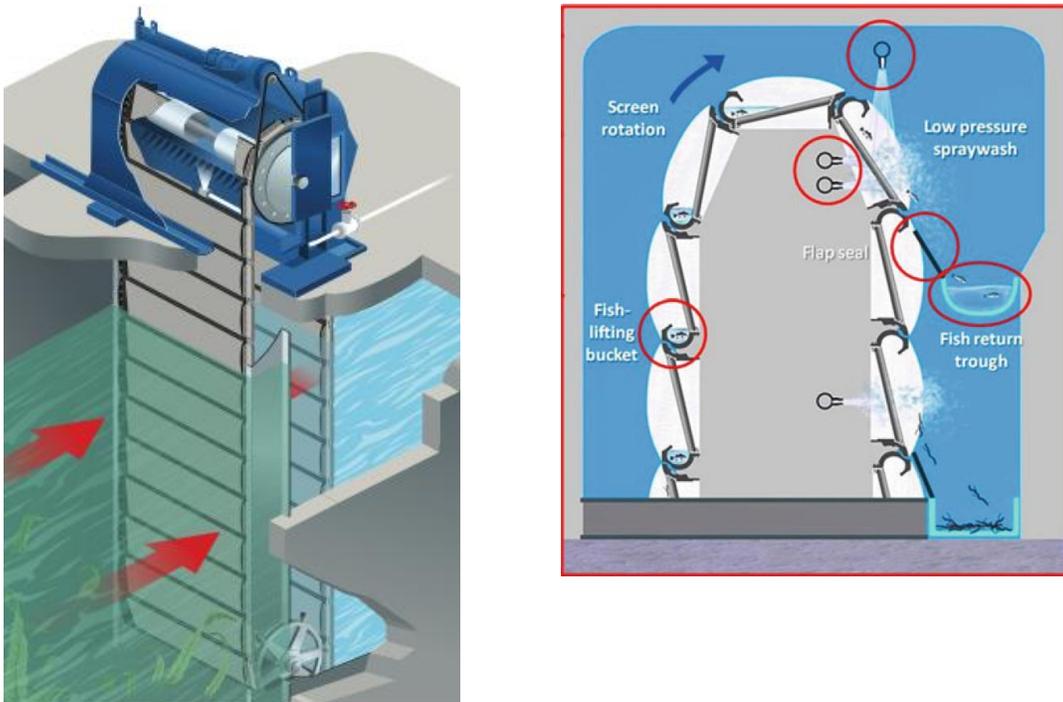


Figura 23: Imagen de Evoqua Water Technologies

Al igual que en las mallas cilíndricas con alambre trapezoidal o triangular, la separación de la malla va a depender de las especies que se desee proteger y de la cantidad de residuos o algas presentes en el ambiente. Para mayor detalle del desempeño de las mallas rotatorias modificadas se recomienda revisar el (Alden (m1), 2015) preparado por Alden, incorporado en el Anexo 8. El anexo incluye la revisión de un caso de estudio asociado a la instalación de mallas cilíndricas modificadas en Tampa Electric Company Big Bend Station, donde se indica la efectividad en reducción de arrastre para distintas especies en estado larval o huevo. También existe una amplia bibliografía en esta materia (Normandeau Associates, 2009) (US EPA, 2014).

⁴⁶ Después de una primera limpieza mediante rocío de agua a baja presión (ej: 5-20 psi) para remover organismos de una manera que aumente su posibilidad de sobrevivencia, se realiza una limpieza con agua a alta presión (ej: 60 – 100 psi) para remover depósitos de residuos en las mallas.

6.1.4 Definición de una Velocidad de Captación de Agua Reducida

La definición de una velocidad de captación de agua es importante por su relación a la capacidad de nado de distintos organismos de interés y, en definitiva, a la susceptibilidad de estos frente al sistema de captación (Sección 4.1.3.1).

De acuerdo al MEMO de Alden adjunto en Anexo 9, no existe una base científica para la definición de una velocidad de 0,5 pies/segundo (15 cm/seg) a través de la malla del filtro (*through-screen velocity*). De acuerdo a Alden, la definición de un requerimiento de velocidad a través de la malla de 1,0 pies por segundo debiera lograr un objetivo similar en términos de protección de organismos. Esta afirmación es reafirmada por estudios realizados por la EPRI para emplazamientos con especies de mayor tamaño (EPRI, 2002).

Como revisará en la Sección 6.2.1, donde se describe la regulación en Estados Unidos – Sección 316(b) del Clean Water Act, la EPA basó la definición de requerimientos de velocidad de captación en el concepto de velocidad a través de la malla del filtro (*through-screen velocity*). Si bien la EPA reconoce que la velocidad a través de una malla de protección es siempre superior al “*approach velocity*,” la EPA no justificó el hecho de utilizar la velocidad a través de la malla como parámetro a regular para cumplir con el objetivo de protección medioambiental que se propuso al definir la norma 316(b). De hecho, es posible citar un memorándum de la EPA respecto a la definición del requerimiento de velocidad de captación, sintetizado en la siguiente tabla:

Tabla 18: Comentarios de la US EPA respecto a la justificación del parámetro de velocidad de captación a regular

| | |
|---|---|
| <p>“[m]aximum acceptable approach velocities are on the order of 0.5 ft/sec (emphasis added)” (EPA, 2000).</p> <p>Adicionalmente, la EPA indica:</p> <p>“...approach velocity is the velocity measured just in front of the screen face or at the opening of the cooling water intake structure in the surface water source, and is biologically the most important velocity (66 Fed. Reg. 65,274).</p> | <p>El “<i>approach velocity</i>” máximo aceptable es del orden de 0,5 pies por segundo. (EPA, 2000).</p> <p>Adicionalmente, la EPA indica:</p> <p>“... el ‘<i>approach velocity</i>’ es la velocidad medida justo en el frente de la malla o en la entrada del sistema de captación de agua, y es desde el punto de vista biológico la velocidad más importante” (66 Fed. Reg. 65,274).</p> |
|---|---|

Para desarrollar un umbral que pueda ser aplicable de manera estandarizada a nivel nacional (en Estados Unidos), y que sea efectivo para prevenir el atrapamiento de la mayoría de las especies de peces en sus distintas etapas de su ciclo de vida, la EPA aplicó un factor de seguridad igual a dos (2,0) sobre umbral de 1,0 pies por segundo para definir un requerimiento de velocidad equivalente a 0,5 pies por segundo (15 cm/segundo).

De acuerdo a Alden (Anexo 9), la confusión se basa en la referencia a la velocidad de 1,0 pies por segundo mencionada anteriormente, que corresponde al “*approach velocity*,” no al “*through-screen*

velocity” (o velocidad a través de la malla). Si se aplicara el factor de seguridad de dos (2,0) a la velocidad a través de la malla de 0,5 pies por segundo, se obtendría un “*approach velocity*” de 0,25 pies por segundo.

Tomando como referencia los antecedentes presentados, la definición de una velocidad a través de la malla de 0,5 pies por segundo no podría ser fundamentada con ningún documento citado por la norma 316(b) durante la etapa de su elaboración y es significativamente más exigente que la definición de un “*approach velocity*” de 0,5 pies por segundo o 15 centímetros por segundo.

De acuerdo a la EPRI, el “*approach velocity*” se mide de manera paralela a la dirección del flujo de agua principal, en una zona definida entre 3 pulgadas (7,5 cm) y 1 pies (30 cm) antes de la malla de protección o abertura de captación (EPRI, 2002).

6.1.5 Respetto de Alternativas de Medición y Control

a.) Medición o Estimación de Velocidad de Captación de Agua

Se pueden utilizar cuatro alternativas principalmente para verificar el cumplimiento de requerimientos de velocidad de captación.

- 1) Uso de la especificación de diseño del flujo de la captación para calcular la velocidad de diseño en la captación o el “*approach velocity*” según corresponda.
- 2) Medición del flujo real en el sistema de captación para determinar la velocidad de captación de agua.
- 3) Verificación del “*approach velocity*” en el punto de captación mediante mediciones.
- 4) Verificación de la velocidad a través de la malla de protección del sistema de captación mediante mediciones.

En el caso de cálculo de velocidades de captación en el mar, durante la definición de la Fase I de la norma 316(b) se utilizó la siguiente definición de nivel de agua para verificar el cumplimiento de velocidades: altura promedio en marea baja durante los últimos 19 años.

La especificación de diseño del flujo de la captación corresponde al máximo flujo de captación especificado durante el diseño de la instalación. En el Memo Alden adjunto en el Anexo 12 se presentan ciertas indicaciones respecto su cálculo.

La EPA no permite ajustar la especificación de diseño del flujo de la captación en función de reducciones permanentes de flujo o limitaciones físicas en el piping que hayan ocurrido después del diseño original de la instalación.

Generalmente una de las alternativas que involucra monitoreo de velocidad en la captación (3 ó 4 mencionadas anteriormente) se utiliza como complemento cuando se requiere verificar la estimación de la velocidad de la captación de agua, indicada en la alternativa 2.

Es importante destacar que el uso de la alternativa 1, estimación de la velocidad – de diseño – a través de la malla mediante la utilización del flujo de diseño de la captación, elimina la incertidumbre asociada a la medición de la velocidad en condiciones variables del nivel de agua, transientes debido a fenómenos hidráulicos y efectos producto depósito de residuos en la malla de captación, factores que están fuera del ámbito de control del operador del sistema industrial que utiliza el sistema de captación de agua de interés. En este sentido, durante el proceso de definición de la norma 316(b) realizó la siguiente afirmación:

Tabla 19: Respecto a las dificultades de medición de velocidad a través de la malla (EPA)

| | |
|--|---|
| <p><i>“Actual through-screen intake velocity can be measured directly. However, after further discussion with vendors, EPA is aware that some sites may have difficulty measuring through-screen velocity (DCN 11–6602). EPA is considering rule language clarifying that velocity may be calculated from a facility’s actual intake flow rate (AIF), the screen open face area, and the source water surface elevation at the time of flow measurement. (If there is no screen, the opening of the intake is the open face area.)” (77 Fed. Reg. at 34320).</i></p> | <p>La velocidad a través de la malla puede ser medida directamente. Sin embargo, después de clarificación con proveedores, la EPA está consciente que algunos emplazamientos podrían tener dificultades para realizar mediciones de velocidad a través de la malla de captación. La EPA está considerando realizar clarificaciones indicando que la velocidad podría ser calculada tomando como referencia el flujo de agua captado, el área de efectiva en la captación y el nivel del cuerpo de agua al momento de realizar la captación. En caso que no se cuente con una malla de protección en la captación, el área efectiva de captación es el área de la abertura de captación.</p> |
|--|---|

El diseño de sistemas de captación de agua y sus sistemas de protección puede variar de manera significativa de una instalación a otra. La mayoría de las captaciones de agua no presenta una distribución uniforme del flujo de agua a través de la malla de protección. Para tener una mejor comprensión de la distribución de velocidades en la captación generalmente se utiliza un modelamiento hidráulico. Sin embargo, en la mayoría de las captaciones los datos de modelamiento hidráulico no están disponibles, por lo tanto, el cálculo de velocidades está basado en dos variables: el área efectiva de captación (descontando la superficie ocupada por alambres de protección) y el flujo de agua en la captación. La razón entre flujo de agua en la captación y el área efectiva de captación es un método válido para determinar tanto la velocidad a través de la malla como el *“approach velocity.”*

De acuerdo a Alden, el cumplimiento un requerimiento de velocidad basado en el *“approach velocity”* no sólo tiene un mejor sentido desde el punto de vista biológico, como se indicó en la Sección 4.1.3.1 y 6.1.4, sino también otorga al operador de la instalación industrial una mayor flexibilidad para la selección apropiada de la mejor alternativa tecnológica que se adapte al contexto del emplazamiento, reduciendo incertidumbre.

Por lo tanto, desde el punto de vista de cumplimiento regulatorio, se recomienda utilizar un enfoque basado en el uso de la especificación de diseño del flujo de la captación para calcular la velocidad

de diseño a través de la captación o el “*approach velocity*” según corresponda. Para mayor clarificación se recomienda revisar el Memo adjunto en el Anexo 9.

b.) Métricas para Medición de Reducción de Atrapamiento y Arrastre

Es importante establecer metodologías de medición para cuantificar el atrapamiento y el arrastre de organismos para asegurar que esta información sea científicamente válida en términos de representar apropiadamente tanto la operación de la central de interés como aquellos factores ecológicos y sociales relevantes para los grupos de interés.

Existen diversas prácticas a nivel mundial. Se debe tener en consideración que no existe un método que se pueda ajustar a las particularidades de todos los sitios ante todas las posibles condiciones. A modo de referencia es posible mencionar las guías elaboradas en el Reino Unido (British Energy Estuarine & Marine Studies, 2011) (British Energy Estuarine & Marine Studies, 2011b).

En el Anexo 15, desarrollado como parte de este estudio, Alden establece ciertos lineamientos respecto a los requerimientos que debe satisfacer un estudio de arrastre de organismos.

6.2 Normativa Internacional Respecto a la Captación de Agua

6.2.1 Regulación en Estados Unidos – Sección 316(b) del Clean Water Act

De acuerdo al reglamento asociado a la Sección 316(b) del Clean Water Act de la *Environmental Protection Agency* (EPA) de los Estados Unidos los riesgos e impactos asociados a los sistemas de captación de agua están asociados a las pérdidas de organismos acuáticos producto de atrapamiento, arrastre, o ambos tipos de estrés (US EPA, 2014).

La EPA adoptó las siguientes definiciones de estrés por atrapamiento y arrastre que producen sistemas de captación de agua:

Atrapamiento: Corresponde al atrapamiento de peces, moluscos y crustáceos, en cualquier etapa de su ciclo de vida, en la parte exterior de la apertura del sistema de captación o contra la rejilla de protección durante los periodos en que el agua es retirada desde el cuerpo de agua. El atrapamiento tiene relación con los organismos recolectados o retenidos en una rejilla con una apertura máxima de 0,56 pulgadas, y excluye los organismos que pasan a través de la rejilla.

El dueño u operador de la central debe utilizar una rejilla de similares características (tamaño de apertura) cuando se contabilice atrapamiento y arrastre.

Mortalidad por Atrapamiento- Corresponde a la mortalidad de organismos producto de estrés por atrapamiento. Lo anterior incluye organismos removidos desde su ecosistema natural, que no tienen la habilidad de escapar del sistema de captación de agua, y por lo tanto están inevitablemente sujetos a mortalidad (US EPA, 2014).

Arrastre: Corresponde a peces, moluscos y crustáceos, en cualquier etapa de su ciclo de vida, que entran y pasan a través del sistema de captación de agua y el sistema de enfriamiento, incluyendo el condensador o intercambiador de calor. Lo anterior no incluye los organismos que son recolectados o atrapados en una rejilla de protección con una apertura máxima de 0,56 pulgadas.

El dueño u operador de la central debe utilizar una rejilla de similares características (tamaño de apertura) cuando se contabilice atrapamiento y arrastre (US EPA, 2014).

Mortalidad por Arrastre: Corresponde a la mortalidad de organismos producto de estrés por arrastre a través del sistema de captación de agua para enfriamiento o a la mortalidad de organismos que se excluyen del sistema de captación de agua para enfriamiento producto de rejillas o filtros protectores localizados en su interior (US EPA, 2014).

La norma 316(b) solo regula el arrastre de peces, moluscos y crustáceos, en distintas etapas de su ciclo de vida, que son factibles de ser arrastrados, y no hace mención al fitoplancton y algas.

6.2.1.1 *Ámbito de Aplicación de la Norma 316 (b) y Etapas de Definición*

La norma 316(b) ha sido definida en tres fases. La Fase I aplica a Centrales Nuevas y fue definida en el año 2001. La Fase II, definida el 15 de Agosto de 2014, aplica a Centrales Existentes⁴⁷ y Nuevas Unidades⁴⁸ en Centrales Existentes. La Fase III aplica a sistemas de extracción de petróleo y gas ubicados fuera de la línea de la costa.

En algunos Estados, las agencias regulatorias han indicado que la evaluación del emplazamiento y desempeño de un sistema de captación de agua nuevo o existente para una planta de desalinización requerirá una evaluación basada en los requerimientos de la norma 316(b) como parte de su proceso de evaluación ambiental y obtención de permisos (Hogan, Impingement and Entrainment at SWRO Desalination Facility Intakes, 2015) (Pankratz, 2015) (California Environmental Protection Agency, 2015) (Hogan, Fay, Lattemann, Beck, & Pankratz, 2014)

6.2.1.2 *Objetivo de la Norma 316 (b)*

El propósito de la sección 316 (b) del *Clean Water Act* es reducir el arrastre de atrapamiento y arrastre de peces y otros organismos acuáticos por los sistemas de captación de agua que forman

⁴⁷ De acuerdo a la norma 316b, se tiene: “Existing facility means any facility that commenced construction as described in 40 CFR 122.29(b)(4) on or before January 17, 2002 (or July 17, 2006 for an offshore oil and gas extraction facility) and any modification of, or any addition of a unit at such a facility. A facility built adjacent to another facility would be a new facility while the original facility would remain as an existing facility for purposes of this subpart. A facility cannot both be an existing facility and a new facility as defined at § 125.83.”

⁴⁸ De acuerdo a la norma 316b, se tiene: “New unit means a new “stand-alone” unit at an existing facility where construction of the new unit begins after October 14, 2014 and that does not otherwise meet the definition of a new facility at § 125.83 or is not otherwise already subject to subpart I of this part. A stand-alone unit is a separate unit that is added to a facility for either the same general industrial operation or another purpose. A new unit may have its own dedicated cooling water intake structure, or the new unit may use an existing or modified cooling water intake structure.”

parte de ciertos tipos de plantas de generación y procesos industriales en Estados Unidos (Tabla 20). Junto al objetivo de la norma, la EPA definió ciertos parámetros que limitan su aplicación. Estos límites están asociados a la cantidad de agua retirada desde el cuerpo de agua y a la cantidad de agua que es utilizada exclusivamente para enfriamiento.

Tabla 20- Propósito del EPA 316(b)

| Ingles EPA 316(b) | Español EPA 316(b) |
|--|---|
| <p><i>“The purpose of this action is to reduce impingement and entrainment of fish and other aquatic organisms at cooling water intake structures used by certain existing power generation and manufacturing facilities for the withdrawal of cooling water from waters of the United States.</i></p> <p><i>This rule establishes requirements under section 316(b) of the Clean Water Act (CWA) for existing power generating facilities and existing manufacturing and industrial facilities that are designed to withdraw more than 2 million gallons per day (mgd) of water from waters of the United States and use at least 25 percent of the water they withdraw exclusively for cooling purposes.” (US EPA, 2014)</i></p> | <p><i>“El propósito de esta acción regulatoria es reducir el arrastre y atrapamiento de peces y otros organismos acuáticos en los sistemas de captación de agua usados para sistemas de enfriamiento en ciertos tipos de plantas de generación y productivas en los Estados Unidos.</i></p> <p><i>Este reglamento define los requerimientos bajo la sección 316(b) de la Ley de Agua Limpia (CWA) para plantas de generación, productivas, e industriales existentes que retiren más de 2 millones de galones de agua por día (mgd) de los cuerpos de agua de los Estados Unidos e utilicen al menos el 25% del agua que retiran exclusivamente para enfriamiento.”</i></p> |

En la sección 316(b) del *Clean Water Act* explícitamente indica que se aplica a todos los dueños de sistemas de captación de agua que suministren al menos un 25% del agua que retiran para uso en sistemas de enfriamiento, ya sea directamente o por medio de contrato con un operador independiente de un sistema de captación de agua.

6.2.1.3 Alternativas para Implementación de la Norma 316(b) – Fase 1

La EPA reguló las estructuras de captación para Centrales Nuevas que retiren más de 7.570 m³ al día (2 MGD⁴⁹) y que tengan al menos una estructura de captación que utilice al menos el 25% del agua que retira para fines de enfriamiento. Se definen dos alternativas (40 CFR 125.81):

1. Las plantas que retiren más de 37.854 m³ al día (10 MGD) deben:
 - a. Reducir su flujo de entrada a un mínimo equivalente al posible de obtener con un sistema cerrado de enfriamiento (y establece restricciones de flujo adicionales para cuerpos de agua del tipo río, lagos, estuarios, o rías²⁹).
 - b. Diseñar y construir la estructura de captación para obtener una velocidad de diseño, a través de las mallas, de 0,15m/s.

⁴⁹ MGD = Millones de Galones al Día

- c. Utilizar tecnologías que minimicen la mortalidad de peces y moluscos por atrapamiento, y que minimicen el arrastre de organismos, si se determina que hay especies amenazadas o si una agencia de pesca lo exige.
- d. Realizar monitoreo y mantener registro.

Las plantas que retiren más de 7.570 m³/día y menos de 37.854 m³/día deben cumplir con las letras b, c y d anteriores.

- 2. Las plantas que prefieran no cumplir con la alternativa 1 deben demostrar que la tecnología que implementen genera impactos al ambiente a un nivel comparable con los generados si se implementaran las letras a y b descritas en la alternativa 1.

6.2.1.4 Alternativas para Implementación de la Norma 316(b) – Fase 2

La norma 316(b), Fase 2, presenta distintas alternativas para cumplir con la regulación y reducir los efectos del atrapamiento y arrastre en distintos tipos de instalaciones. Se definen medidas para:

- 1) Prevenir la mortalidad por atrapamiento de organismos en unidades de generación existentes en una central existente,
- 2) Prevenir el arrastre de organismos en unidades de generación existentes en una central existente, y
- 3) Prevenir el arrastre y atrapamiento de organismos en unidades de generación nuevas en una central existente.

6.2.1.4.1 Estándares de Prevención de Mortalidad por Atrapamiento de Organismos en Unidades de Generación Existentes en una Central Existente

Para reducir la mortalidad por atrapamiento de organismos en unidades de generación existente en una Central Existente la EPA otorga flexibilidad al dueño de la instalación industrial al permitir la selección de una alternativa, dentro de siete alternativas posibles (Tabla 21).

Tabla 21- Opciones que presenta la norma 316(b) para reducir mortalidad atrapamiento (US EPA 2014)

| Ingles EPA 316(b) | Español EPA 316(b) |
|---|---|
| <p><i>“The final rule requires that existing facilities subject to this rule must comply with one of the following seven alternatives identified in the national BTA standard for impingement mortality at §125.94(c) (hereafter, impingement mortality standards):</i></p> <p><i>(1) Operate a closed-cycle recirculating system as defined at §125.92;</i></p> <p><i>(2) operate a cooling water intake structure that has a maximum throughscreen design intake velocity of 0.5 fps;</i></p> | <p><i>“La norma requiere que las instalaciones existentes sujetas a la regla cumplan con una de las siguientes siete alternativas identificadas en el estándar nacional de mejor tecnología disponible para mortalidad por atrapamiento, en adelante, estándares de mortalidad por atrapamiento (40 CFR Sección §125.94(c)):</i></p> <p><i>(1) Operar un sistema de enfriamiento cerrado (húmedo, seco o híbrido) como se define en 40 CFR Sección §125.92 (*)</i></p> <p><i>(2) Operar una estructura de toma de agua para refrigeración que tenga como parámetro de</i></p> |

| | |
|---|--|
| <p>(3) operate a cooling water intake structure that has a maximum through screen intake velocity of 0.5 fps;</p> <p>(4) operate an offshore velocity cap as defined at § 125.92 that is installed before October 14, 2014;</p> <p>(5) operate a modified traveling screen that the Director determines meets the definition at § 125.92(s) and that the Director determines is the best technology available for impingement reduction;</p> <p>(6) operate any other combination of technologies, management practices and operational measures that the Director determines is the best technology available for impingement reduction; or</p> <p>(7) achieve the specified impingement mortality performance standard.” (US EPA, 2014)</p> | <p>diseño una velocidad máxima de toma de agua a través de la rejilla de protección de 0,5 fps;</p> <p>(3) Operar una estructura de toma de agua para refrigeración a velocidad máxima de toma de agua a través de la rejilla de protección de 0,5 fps;</p> <p>(4) Operar un “velocity cap” o torre de captación de acuerdo a la definición establecida en 40 CFR Sección § 125.92, instalados antes del 14 de octubre 2014;</p> <p>(5) Operar una pantalla o malla móvil modificada que el Director⁵⁰ determine que cumple con la definición establecida en 40 CFR Sección § 125.92 (s) y que el Director determine que es la mejor tecnología disponible para la reducción de atrapamiento;</p> <p>(6) Operar cualquier otra combinación de tecnologías, prácticas de gestión y medidas operativas que el Director determine como la mejor tecnología disponible para la reducción de atrapamiento; o</p> <p>(7) Lograr un performance estándar de mortalidad por atrapamiento⁵¹”.</p> |
|---|--|

(*) El detalle de 40 CFR Sección §125.92 se presenta en el Anexo 4a.

6.2.1.4.2 Estándares de Prevención de Arrastre de Organismos en Unidades de Generación Existentes en una Central Existente

La EPA no tiene un estándar para reducir la mortalidad por arrastre en unidades de generación existentes en Centrales Existentes (Tabla 22). Para reducir la mortalidad por arrastre de organismos en una unidad de generación existente en una Central Existente la EPA otorga flexibilidad al dueño de la instalación industrial, con necesidad de aprobación por el Director⁵⁰. Los requerimientos del Director se establecen en 40 CFR Sección § 125.98 de la norma 316(b) (Anexo 4b).

⁵⁰ De acuerdo a la norma 316(b) el Director es la autoridad que otorga el permiso NPDES. Los requerimientos o atribuciones del Director están descritos en la Sección § 125.98.

⁵¹ La US EPA define: “The impingement mortality performance standard in (7) requires that a facility must achieve a 12-month impingement mortality performance of all life stages of fish and shellfish of no more than 24 percent mortality, including latent mortality, for all nonfragile species that are collected or retained in a sieve with maximum opening dimension of 0.56 inches and kept for a holding period of 18 to 96 hours. The Director may, however, prescribe an alternative holding period.

The 12-month average of impingement mortality is calculated as the sum of total impingement mortality for the previous 12 months divided by the sum of total impingement for the previous 12 months.”

Tabla 22- Opciones que presenta el EPA 316(b) para reducir arrastre (US EPA 2014)

| Ingles EPA 316(b) | Español EPA 316(b) |
|--|--|
| <p><i>"The final rule establishes the national BTA standard for entrainment at existing units at existing facilities at § 125.94(d) (hereafter, entrainment standards).</i></p> <p><i>For such units, the rule does not prescribe a single nationally applicable entrainment performance standard but instead requires that the Director must establish the BTA entrainment requirement for a facility on a site-specific basis.</i></p> <p><i>The requirements must reflect the Director's determination of the maximum reduction in entrainment warranted after consideration of all factors relevant to the BTA determination at the site and must include consideration of the specific factors spelled out in § 125.98(f)(2).</i></p> <p><i>Facilities that withdraw greater than 125 mgd AIF must develop and submit an Entrainment characterization Study (§ 122.21(r)(9)), as well as provide other information required at § 122.21(r)(7) and (10), (11), (12) and (13) that must include specified data pertinent to consideration of several of the factors identified in § 125.98 (f)." (US EPA, 2014)</i></p> | <p><i>"La norma establece el estándar nacional para arrastre en unidades existentes de centrales existentes en 40 CFR Sección § 125.94 (d) (en adelante, estándares de arrastre).</i></p> <p><i>Para este tipo de unidades, la norma no prescribe un desempeño nacional único o estándar para arrastre, sino que requiere que el Director establezca el mejor requerimiento posible de arrastre para una instalación teniendo en consideración las características específicas del emplazamiento.</i></p> <p><i>Los requerimientos deben reflejar la determinación del Director de la reducción máxima posible de arrastre garantizado después de considerar todos los factores relevantes del emplazamiento. También debe incluir la consideración de los factores específicos enunciados en 40 CFR Sección § 125.98 (f) (2).</i></p> <p><i>Las instalaciones que retiran más de 125 mgd de flujo de diseño deben preparar y presentar un Estudio de caracterización de arrastre (40 CFR Sección § 122.21 (r)(9)), y proporcionar además la información requerida en 40 CFR Sección § 122.21 (r) (7) y (10), (11), (12) y (13), que debe incluir los datos pertinentes a consideración de ciertos factores identificados en 40 CFR Sección § 125.98 (f)".</i></p> |

De acuerdo los documentos que fundamentan el reglamento, el arrastre puede ser reducido por medidas como: 1) reducir el flujo de agua, 2) reducir la velocidad de captación, 3) utilizar tecnologías que excluyen, recogen o regresan organismos arrastrados por el sistema de captación de agua, o 4) trasladar sistema de captación fuera de una zona con riqueza biológica (US EPA, 2014).

6.2.1.4.3 *Estándares de Prevención de Mortalidad de Atrapamiento y Arrastre para Unidades Nuevas de Generación en Instalaciones Existentes*

La EPA permite la selección de una de dos opciones para reducir la mortalidad de atrapamiento y arrastre en unidades de generación nuevas en instalaciones existentes (Tabla 23). Una unidad nueva de generación podría tener su propia estructura de captación de agua o podría usar una estructura de captación existente o modificada.

Tabla 23- Opciones que presenta el EPA 316(b) para reducir atrapamiento y arrastre en nuevas instalaciones

| Ingles EPA 316(b) | Español EPA 316(b) |
|---|--|
| <p><i>“The owner or operator of a new unit at an existing facility must achieve one of two compliance alternatives under the national BTA standards for impingement mortality and entrainment for new units at existing facilities at § 125.94(e) (hereafter, new unit standards).</i></p> <p><i>Under the new unit standards, the owner or operator of a facility must reduce AIF at the new unit, at a minimum, to a level commensurate with that which can be attained by the use of a closed-cycle recirculating system as defined at § 125.92(c)(1). The owner or operator of a facility with a cooling water intake structure that supplies cooling water exclusively for operation of a wet or dry cooling tower(s) and that meets the definition of closed-cycle recirculating system at § 125.92(c)(1) meets this new unit standard.</i></p> <p><i>Under the alternative new unit standard, the owner or operator of a facility must demonstrate to the Director that it has installed, and will operate and maintain, technological or other control measures that reduce the level of adverse environmental impact from any cooling water intake structure used to supply cooling water to the new unit to a comparable level to that which would be achieved through flow reductions commensurate with the use of a closed-cycle recirculating system.</i></p> <p><i>Under this alternative, the owner or operator of a facility must demonstrate entrainment mortality reductions that are equivalent to 90 percent or greater of the reduction that could be achieved through compliance with the first alternative entrainment standard for new units.” (US EPA, 2014)</i></p> | <p><i>“El propietario u operador de una nueva unidad en una instalación existente debe dar cumplimiento a una de dos alternativas definidas en 40 CFR Sección § 125.94(e), en virtud de las mejores prácticas nacionales para reducir la mortalidad por atrapamiento y arrastre.</i></p> <p><i>Como primera opción, se debe reducir el flujo real de agua captada en la nueva unidad, como mínimo, a un nivel acorde con lo que se pueda lograr mediante el uso de un sistema de enfriamiento cerrado (húmedo, seco o híbrido) como se define en 40 CFR Sección § 125.92 (c)(1). El propietario o explotador de una instalación con una estructura de toma de agua para refrigeración que suministra agua exclusivamente para el funcionamiento de un sistema de enfriamiento y que cumple con la definición del sistema de enfriamiento cerrado como se define en 40 CFR Sección § 125.92 (c)(1) cumple con el presente estándar.</i></p> <p><i>Como opción alternativa, el propietario u operador de una instalación deben demostrar al Director que se ha instalado, se operará y mantendrá, las medidas tecnológicas o de otro tipo de control que reducen el nivel de impacto ambiental adverso de cualquier estructura de toma de agua utilizada para suministrar agua para refrigeración a una nueva unidad a un nivel comparable al que se lograría a través de reducciones de flujo acorde con el uso de un sistema de enfriamiento cerrado.</i></p> <p><i>Bajo esta alternativa, el propietario u operador de una instalación debe demostrar que las reducciones de mortalidad por arrastre son equivalentes a, al menos, 90 por ciento de la reducción que podría lograrse mediante el cumplimiento de la primera opción para nuevas unidades”.</i></p> |

La norma 316(b) también regula el monitoreo para el cumplimiento de sus exigencias. Así por ejemplo, junto con establecer métodos de medición, establece el monitoreo de la mortalidad por atrapamiento con una frecuencia mínima mensual (US EPA, 2014).

6.2.1.4.4 Excepciones a la norma 316(b)

La norma 316(b) no aplica a:

- 1) Aguas de proceso, aguas grises u otro tipo de aguas reutilizadas para enfriamiento, en reemplazo de aguas territoriales superficiales y marítimas.

- 2) Aguas de enfriamiento utilizadas en procesos de manufactura como aguas de enfriamiento por contacto.
- 3) La proporción del agua retirada para sistemas de enfriamiento auxiliar, siempre y cuando el flujo signifique menos de 2 mgd
- 4) Cualquier cantidad que se utilice como agua de respaldo ante emergencia

Respecto a las unidades de generación de bajo factor de planta, aquellas unidades que tengan un factor de planta promedio anual menor a 8% durante un periodo continuo de 24 meses, podrán solicitar al Director que considere requerimientos menos exigentes para controlar la mortalidad por atrapamiento en la entrada del sistema de captación de agua⁵².

El Director podría establecer requerimientos de arrastre distintos para unidades nuevas cuando el cumplimiento con dicho requerimiento signifique costos de implementación considerablemente superiores a los costos que la EPA consideró para establecer los requerimientos regulatorios; o las exigencias derivadas del cumplimiento deriven en impactos adversos significativos asociados a la calidad de aire local, los recursos de agua locales, las especies amenazadas o en peligro de extinción, o un impacto negativo a los mercados energéticos locales (US EPA, 2014).

6.2.2 Regulación en la Comunidad Europea

En un estudio previo se describió ampliamente los aspectos regulatorios vigentes en la Comunidad Europea (Inodu, 2014). A diferencia de la normativa vigente en Estados Unidos, en la Comunidad Europea no se hace una definición legal de atrapamiento y arrastre de organismos; más bien se establecen objetivos para proteger y mantener la calidad de los cuerpos de agua. Se desarrolló una legislación marco: *Water Framework Directive* (WFD), sin definir requerimientos para mitigar los impactos del atrapamiento y arrastre de organismos hidrobiológicos (Tabla 24)

Tabla 24: Definición del Propósito del Water Framework Directive (European Parliament and Council of the European Union 2000)

| Español – WFD 2000 |
|---|
| <p><i>El objeto de la presente Directiva es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas que:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>a) Prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos;</i> <i>b) Promueva un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles;</i> <i>c) Tenga por objeto una mayor protección y mejora del medio acuático, entre otras formas mediante medidas específicas de reducción progresiva de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias prioritarias, y mediante la interrupción o la supresión gradual de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias;</i> |

⁵² A modo de referencia, en el Anexo 5 se presentan los factores de planta estimados para centrales termoeléctricas con ciclos a vapor en el SIC y SING.

- d) *Garantice la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y evite nuevas contaminaciones; y*
- e) *Contribuya a paliar los efectos de las inundaciones y sequías, y que contribuya de esta forma a:*
 - *garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua sostenible, equilibrado y equitativo,*
 - *reducir de forma significativa la contaminación de las aguas subterráneas,*
 - *proteger las aguas territoriales y marinas, y*
 - *lograr los objetivos de los acuerdos internacionales pertinentes, incluidos aquellos cuya finalidad es prevenir y erradicar la contaminación del medio ambiente marino, mediante medidas comunitarias previstas en el apartado 3 del artículo 16, a efectos de interrumpir o suprimir gradualmente los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias, con el objetivo último de conseguir concentraciones en el medio marino cercanas a los valores básicos por lo que se refiere a las sustancias de origen natural y próximas a cero por lo que respecta a las sustancias sintéticas artificiales (European Parliament and Council of the European Union, 2000).*

El WFD plantea la meta de llevar los cuerpos de agua a un buen estado ecológico (GET) o a un buen potencial ecológico (GEP). En parte el estado ecológico deseado está definido por la comunidad de especies hidrobiológicas (Brujis & Taylor, 2012). No se identificó una normativa Europea que establezca en forma directa requerimientos de captación de agua para enfriamiento. Los documentos de información referencial elaborados por la Comisión Europea, y las directrices que los Estados miembros han elaborado respecto a este aspecto pueden influir en lo que las autoridades exigen a los desarrolladores para otorgar los permisos ambientales. Algunos de estos documentos son el "*Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the Application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems*" (European Commission, 2001), y la guía preparada por la Agencia Ambiental del Reino Unido "*Screening for Intake and Outfalls: a Best Practice Guide*" (Turnpenny & O'Keeffe, 2005).

El *Marine Strategy Framework Directive* (MSFD) tiene un rol similar al WFD en proteger a los mares Europeos, y su cobertura geográfica se superpone al ámbito de acción del WFD (Turnpenny, Brujis, Wolter, & Edwards, 2012). También se ha definido a nivel de la Comunidad Europea un Directiva de Habitats (Council of the European Communities, 1992) con fines de conservación, cuyos objetivos también se intersectan con eventuales exigencias a procesos industriales instalados dentro de áreas protegidas o que afecten a especies protegidas. Por ejemplo, en teoría, el postulante a un permiso debe proveer una evaluación de efectos de atrapamiento y arrastre en organismos hidrobiológicos. Se menciona la necesidad de implementar medidas de gestión si se encuentran "efectos significativos," pero no se define el alcance de un "efecto significativo."

Se han identificado ciertos lineamientos con similitudes a las indicadas en Estados Unidos. Por ejemplo, el IPPC de enfriamiento industrial propone la posibilidad técnica de reducir el ingreso de peces al sistema de captación de agua mediante: 1) la optimización de la construcción del sistema de captación; 2) la reducción las velocidades del flujo de agua en la captación; se indica un "*approach velocity*" máximo en frente de la rejilla de 0,1 - 0,3 m/s; 3) la operación continua de mallas finas, un sistema de devolución de peces funcional; entre otras materias (European Commission, 2001).

Es importante destacar también que el marco regulatorio vigente en la Comunidad Europea establece una visión integral a los sistemas de enfriamiento en procesos industriales, considerando las implicancias directas e indirectas en el uso de la energía de centrales termoeléctricas. En particular, el contexto regulatorio europeo indica que los sistemas de refrigeración abiertos corresponden a la mejor tecnología disponible, sobre todo en procesos que requieren refrigeración importante (mayor a 10 MWth) (European Commission, 2001, p. Art 4.3.2).

La normativa exige a los Estados miembros de la Comunidad Europea trasladar las directivas europeas a leyes nacionales. En consecuencia, la regulación que finalmente aplica a cada instalación, aunque cumple con la regulación marco europea, puede tener variaciones o regulaciones adicionales dependiendo del país. Por lo tanto, cada país podría tener guías, códigos de buenas prácticas, o acuerdos voluntarios que pueden conducir a diferencias en la lógica que siguen las instalaciones de diferentes países al seleccionar sistemas de enfriamiento.

En el Reino Unido, el *Electricity Act* de 1989 regula la operación de centrales de generación eléctrica. La Sección 9 §3(3) del *Electricity Act* exige que los generadores de electricidad eviten dentro de todo lo posible causar daño a la pesca o a la población de peces en cualquier cuerpo de agua (Brujis & Taylor, 2012). En este contexto, la Guía "*Screening for Intake and Outfalls: a best practice guide*" presenta el rango de tecnologías que se podría utilizar para minimizar el riesgo de atrapamiento y arrastre de organismos producto de la operación de centrales termoeléctricas (Tabla 25).

Tabla 25- Propósito de guía ambiental de mejores prácticas para captación y descarga de Inglaterra

| Inglés – Guía Agencia Ambiental Inglaterra | Español - Guía Agencia Ambiental Inglaterra |
|---|--|
| <p><i>"The aim of this Guide is to provide a description of the legal responsibilities of operators of water intakes and outfalls and, from a review of current, worldwide examples, to present a synopsis of methods that are known to work best for different species and lifestages of fish in different situations. A review of the wide range of technologies that are in common use for fish screening is provided, including physical and behavioural screening technologies (Environment Agency UK, 2005)."</i></p> | <p><i>"El objetivo de esta guía es proporcionar una descripción de las responsabilidades legales de los operadores de sistemas de captación de agua y descarga de efluentes y, a partir de una revisión de ejemplos internacionales, presentar una revisión de los métodos de protección probados ante diferentes especies, en distintas etapas de su ciclo de vida, en diferentes contextos. Se proporciona una revisión de una amplia gama de tecnologías, incluyendo barreras físicas y sistemas que alteran el comportamiento de peces".</i></p> |

6.2.3 Comparación de Normativas

Existen diferencias importantes en la estructura regulatoria entre Estados Unidos y los países de la Unión Europea, la definición del problema ambiental y las opciones para mitigar los impactos ambientales definidos. La Tabla 26 compara las estructuras regulatorias en ambos contextos.

Tabla 26- Tabla de comparación de leyes que norman atrapamiento y arrastre en U.S.A y Unión Europea

| | Estados Unidos | Unión Europea |
|--|---|--|
| Ley Marco para regular impacto asociado a Atrapamiento y Arrastre | Clean Water Act Sección 316 (b) | No existe una ley marco que regule directamente el atrapamiento y arrastre se distribuye entre el Water Framework Directive (2000/60/EC, WFD), el Integrated Pollution Prevention and Control Directive (Codified version 2008/1/EC, IPPCD) y el Marine Strategy Framework Directive (2008/56/EC, MSFD) |
| Objetivos de Ley | CWA 316(b) - Reducir el arrastre y atrapamiento de peces y otros organismos acuáticos para los sistemas de captación de agua usados para sistemas de enfriamiento en ciertos tipos de plantas de generación y productivas en los Estados Unidos. | Water Framework Directive y Marine Strategy Framework Directive - Proteger, prevenir la deterioración y restaurar donde sea pertinente los cuerpos de agua en el continente europeo y sus mares. Integrated Pollution Prevention and Control Directive – En una forma integral sería prevenir y controlar la contaminación de ciertas industrias. |
| Opciones para Cumplir Regulación | Existen un listado de distintas opciones de para la implementación en unidades de generación existentes y unidades de generación nuevas. | Se implementa a través de los permisos ambientales que otorgan o modifican los países miembros de la Unión Europea. Existen guías de mejores prácticas disponibles a nivel Unión Europea y país que son utilizados para modificar las exigencias u otorgar los permisos. |

6.3 Otras Alternativas Consideradas para Regular la Succión de Agua en Sistemas Industriales

La EPA, en el proceso de llegar a una definición de la normativa 316(b) consideró y descartó utilizar las siguientes alternativas de regulación, entre las cuales se encuentran (US EPA, 2014, p. Sección 7):

1. Opción de No Regular
2. Definir sistemas de enfriamiento cerrados (torres de enfriamiento húmedas o secas) como un estándar nacional.
3. Definir controles de mortalidad por atrapamiento de organismos en todas las instalaciones que retiren más de 2 millones de galones por día (flujo de diseño); requerir reducción de flujo equivalente a lo que podría lograr con la instalación de una torre de enfriamiento en todas las instalaciones que retiren más de 2 millones de galones por día (flujo de diseño).

4. Definir controles de mortalidad por atrapamiento de organismos en todas las instalaciones que retiren más de 2 millones de galones por día (flujo de diseño); requerir reducción de flujo equivalente a lo que podría lograr con la instalación de una torre de enfriamiento en todas las instalaciones que retiren más de 125 millones de galones por día (flujo de diseño) y definir controles uniformes de mortalidad por atrapamiento y arrastre en todas las nuevas unidades en centrales existentes.
5. Abordar el problema de atrapamiento en función de las características específicas del emplazamiento.
6. Definir tecnologías pre aprobadas.
7. Seleccionar Mallas Cilíndricas con Alambres Trapezoidales o Triangulares (Cylindrical Wedgewire Screens) como tecnología pre-aprobada para controlar la mortalidad por atrapamiento.
8. Definir requerimientos de velocidad de captación de agua.

De una manera similar, California Environmental Protection Agency ha considerado diversas alternativas al momento de proponer una regulación asociada a la captación de plantas desaladoras (California Environmental Protection Agency, 2015), lo cual aún está en desarrollo.

7 DEFINICIÓN PRELIMINAR DE UNA NORMATIVA PARA SUCCIÓN O CAPTACIÓN DE AGUA EN CHILE

Para definir y fundamentar el objetivo de protección ambiental y el ámbito de aplicación posible de la propuesta de norma de captación de agua, se trabajó de manera iterativa para balancear por una parte las definiciones y necesidades derivadas de un análisis de riesgo medio ambiental (presentado en la Sección 4.1); las definiciones previamente establecidas en el marco legal en Chile (presentadas en la Sección 5); el contexto y los antecedentes de instalaciones industriales desarrolladas en Chile; las prácticas y normativa adoptadas en Estados Unidos y Europa (correspondientes a países de la OECD) y las medidas de gestión indicadas en la Sección 6.1.

En función del marco regulatorio vigente en Chile, la Subsecretaría de Pesca, eventualmente en conjunto con Directemar, serían los organismos facultados en la actualidad para liderar el desarrollo de una normativa integral que regule el atrapamiento y arrastre de organismos hidrobiológicos en aguas territoriales superficiales y marítimas producto de la acción de procesos productivos.

7.1 Objetivo de Protección Ambiental y Objeto de Regulación

Proteger la integridad de las especies hidrobiológicas y sus ecosistemas, particularmente aquellos recursos hidrobiológicos⁵³, minimizando el riesgo ambiental derivado de la captación de agua que realizan instalaciones industriales en aguas marítimas y terrestres superficiales.

Con el objeto de facilitar la conservación, el uso sustentable y la salvaguarda de los recursos hidrobiológicos y los ecosistemas marinos en que existan estos recursos, se requiere que:

- El emplazamiento del sistema de captación de agua en instalaciones industriales nuevas o en la ampliación de instalaciones industriales existentes presente un adecuado criterio de selección de su emplazamiento, balanceando aspectos ambientales, técnicos y económicos.
- Los sistemas de captación de agua en instalaciones industriales nuevas, ampliación de instalaciones industriales existentes e instalaciones industriales existentes cuenten con la mejor

⁵³ De acuerdo al texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.892, de 1989 y sus modificaciones, Ley General de Pesca y Acuicultura:

- Una especie hidrobiológica corresponde a una especie de organismo en cualquier fase de su desarrollo, que tenga en el agua su medio normal o más frecuente de vida. También se denomina con el nombre de especie o especies;

- los recursos hidrobiológicos son aquellas especies hidrobiológicas susceptibles de ser aprovechadas por el hombre.

tecnología y práctica de operación disponible para minimizar el riesgo e impacto ambiental derivado del Atrapamiento⁵⁴ y Arrastre⁵⁵ de recursos hidrobiológicos.

Este objetivo se aplica a sistemas industriales que retiren al menos 7500 m³/día de aguas marítimas o terrestres superficiales⁵⁶, e incluye a los operadores de sistemas de captación que sólo provean agua a otro sistema industrial.

El ámbito de aplicación no incluye:

A los operadores de una central termoeléctrica existente que durante los últimos 5 años, o desde su fecha de puesta en servicio, hayan operado, en un periodo continuo de 2 años, con un factor de planta menor a 8%. En este caso, se podrá solicitar requerimientos menos exigentes de atrapamiento para su sistema de captación de agua. La contraparte evaluadora deberá considerar antecedentes específicos de la instalación y su emplazamiento para establecer los requerimientos específicos de prevención de arrastre de organismos que se aplicarán, los que deberán ser menos exigentes que los requerimientos 1 a 6 definidos en la Sección 7.3.1 para reducir el riesgo e impacto de atrapamiento de organismos.

⁵⁴ Corresponde al atrapamiento de peces, moluscos y crustáceos, en cualquier etapa de su ciclo de vida, en la parte exterior de la apertura del sistema de captación o contra la rejilla de protección durante los periodos en que el agua es retirada desde el cuerpo de agua. El atrapamiento tiene relación con los organismos recolectados o retenidos en una rejilla con una apertura máxima de 0,56 pulgadas, y excluye los organismos que pasan a través de la rejilla.

La rejilla con una dimensión máxima de 0,56 pulgadas es ampliamente utilizada en Estados Unidos. Un aspecto por verificar en Chile corresponde a la separación de las rejillas de protección. En el caso de centrales termoeléctricas se debe considerar la rejilla que se instala como elemento de protección del condensador.

⁵⁵ Corresponde al arrastre de peces, moluscos y crustáceos, en cualquier etapa de su ciclo de vida, que entran y pasan a través del sistema de captación de agua y, en caso de ser aplicable, el sistema de enfriamiento, incluyendo el condensador o intercambiador de calor. Lo anterior no incluye los organismos que son recolectados o atrapados en una rejilla de protección con una apertura máxima de 0,56 pulgadas.

⁵⁶ Con este criterio se cubre el 100% de las centrales termoeléctricas existentes, y 20 de 27 plantas de desalinización sometidas al SEIA. De acuerdo a información facilitada por Cochilco, el año 2014, la industria minera en total retiró 5500 m³/hora de agua de mar aproximadamente (132 mil m³/día). Durante el desarrollo del estudio se realizó una encuesta a empresas mineras, quienes facilitaron información respecto al retiro de agua en distintas faenas. Se observó que retiran agua de pozos, esteros, mar y de terceros. No obstante, no fue posible levantar en todos los casos el retiro de agua por estructura de retiro de agua de mar; información que debería ser levantada y verificada como continuación al presente estudio.

Hay una diversidad importante de instalaciones industriales que retiran agua y producen descargas en cuerpos de agua en Chile, particularmente refinerías de petróleo, terminales de GNL, plantas de celulosa, centrales termoeléctricas, plantas de desalinización, sistemas de captación de agua para minería, entre otras. En algunos de los sectores mencionados anteriormente no se espera un crecimiento significativo. No obstante, se espera que el número de plantas de desalinización y sistemas extracción de agua de mar para la minería aumente en los próximos años. El sector de generación termoeléctrica es el usuario más importante de agua de mar actualmente en Chile.

La propuesta de norma no aplicará a cualquier retiro de aguas marítimas y terrestres superficiales que se realice en condiciones de emergencia o respaldo.

El planteamiento de otras excepciones a la aplicación de la propuesta de norma debe ser revisado.

Dado los plazos de desarrollo del estudio y la necesidad de socializar preliminarmente los antecedentes y resultados que se han obtenido, actualmente no se cuenta con información suficiente sobre los impactos que la propuesta de norma tendría sobre las instalaciones industriales que utilizan agua para enfriamiento, calentamiento, desalinización o proceso industrial. Por lo tanto, podría haber un riesgo que las indicaciones propuestas impongan requerimientos inapropiados o no compatibles que podrían tener consecuencias no anticipadas sobre la operación de una o un conjunto de instalaciones industriales, o podría producir un requerimiento de control regulatorio no efectivo.

En vista de los antecedentes disponibles de la industria local, es deseable levantar información asociada a los posibles afectados de manera de determinar y cuantificar los impactos de la aplicación de la normativa y, al mismo tiempo, conocer más antecedentes para abordar situaciones particulares.

7.2 Ámbito Territorial de la Norma

La propuesta de normativa debe aplicar a todo el territorio nacional.

7.3 Aspectos Propuestos a Definir

7.3.1 Requerimientos para Reducir el Riesgo e Impacto de Atrapamiento de Organismos

Con el objetivo de reducir la mortalidad por atrapamiento de organismos en las instalaciones sujetas al ámbito de acción de la propuesta de norma, y otorgar al dueño de la instalación industrial de la flexibilidad necesaria para adoptar la medida que mejor se ajuste a sus necesidades, se permite la selección de una opción, dentro de las siguientes alternativas identificadas como parte de las mejores opciones disponibles para reducir la mortalidad por atrapamiento:

(1) Operar una estructura de toma de agua cuyo parámetro de diseño de velocidad máxima de toma de agua sea 15 centímetros/segundo. La velocidad de diseño se debe estimar a una distancia no superior a 8 cm de la malla de protección o abertura de captación, y de manera paralela a la dirección del flujo de agua principal.

(2) Operar un “*Velocity Cap*.” Los *Velocity Cap* corresponden a un sistema de captación instalado sobre el fondo marino, diseñado para cambiar la orientación del flujo de una dirección vertical a una horizontal. La captación de agua de un *Velocity Cap* debe generar velocidades lo suficientemente altas de modo que los peces puedan detectarlas, es deseable velocidades horizontales entre 0,3 y 0,9 metros/segundo. La velocidad del agua en un *Velocity Cap* es calculada

en el plano vertical de la apertura. Es deseable extender la tapa y la parte inferior de la apertura en un plano horizontal equivalente a 1,5 veces la altura de la apertura. Se debe utilizar un sistema de barreras para restringir el paso de organismos de tamaño considerable. Es deseable que las barras de protección tengan una separación que no supere 23 centímetros.

(3) Operar una pantalla malla móvil modificada que la contraparte evaluadora determine que cumple con criterios de diseño referenciales y que la contraparte evaluadora determine que es la mejor tecnología disponible para la reducción de atrapamiento. La contraparte evaluadora será definida por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) o Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), según corresponda.

(4) Operar una estructura de toma de agua con una velocidad de captación promedio horaria máxima de 15 centímetros/segundo;

(5) Operar cualquier otra combinación de tecnologías, prácticas de gestión y medidas operativas que la contraparte evaluadora del SEA determine como la mejor tecnología disponible para la reducción de atrapamiento; o

(6) Demostrar un desempeño operacional que mantiene acotada la mortalidad por atrapamiento. Bajo esta alternativa, la instalación de una estructura de captación debe alcanzar, en un periodo de 12 meses, un desempeño de mortalidad por atrapamiento de organismos no superior a 25%, incluyendo la mortalidad latente de éstos⁵⁷. Para ello se debe considerar una malla cuya apertura no supere las 0,56 pulgadas, mantenida durante un periodo entre 18 y 96 horas.

Para las alternativas (1), (2) y (3) mencionadas anteriormente, el cálculo de la razón entre flujo de agua máximo de diseño del sistema de captación y el área efectiva de captación es un método válido para determinar la velocidad del agua a través de la malla; y también puede ser utilizado como antecedente para estimar la velocidad a una distancia no superior a 8 cm de la malla de protección o abertura de captación, definida de manera paralela a la dirección del flujo de agua principal. La velocidad máxima de captación se deberá cumplir en todas las condiciones de operación factibles, incluyendo en condiciones de marea baja, para lo cual se debe utilizar datos hidrológicos y el mejor juicio profesional.

Para la alternativa (4) indicada anteriormente, el cálculo de la razón entre la medición del flujo de agua promedio horario succionado y el área efectiva de captación es un método válido para determinar la velocidad del agua a través de la malla o abertura de la captación; y también puede ser utilizado como antecedente para estimar la velocidad a una distancia no superior a 8 cm de la malla de protección o abertura de captación (punto de cumplimiento), definida de manera paralela a la dirección del flujo de agua principal. La contraparte evaluadora podrá autorizar al operador de

⁵⁷ Mortalidad latente: corresponde a la muerte posterior de organismos que inicialmente han sobrevivido a los efectos de atrapamiento o arrastre, pero que no sobreviven a efectos que dicho atrapamiento o arrastre produce de manera retardada. Los efectos de manera retardada de atrapamiento y/o arrastre incluye influencia producto de estrés mecánico, estrés químico y estrés por temperatura.

la central a operar a una velocidad mayor a 15 centímetros/segundo por periodos breves de tiempo para fines específicos (ej: mantenimiento del sistema de captación).

Para la alternativa (4) indicada anteriormente, si la velocidad se mide directamente en la captación, la medición se debe realizar de manera paralela a la dirección del flujo de agua principal, en una distancia inferior a 30 cm antes de la malla de protección o abertura de captación. Si la medida directa de velocidad presenta variaciones que evidencian velocidades mayores a 15 centímetros/segundo, el operador de la instalación podrá presentar antecedentes del flujo de agua medido en el ducto o un punto interior de instalación para evidenciar que las variaciones de velocidad no son representativas de variaciones del flujo captado

El operador de sistemas de captación de agua que cumpla con los requerimientos de velocidad de captación indicados de esta propuesta de norma no requerirá realizar estudios de caracterización y/o mortalidad por atrapamiento. Si el sistema de captación de agua utilizado tiene rejilla con apertura superior a 0,56 pulgadas, no requerirá realizar estudio de caracterización de atrapamiento.

7.3.2 Requerimientos para Reducir los Efectos de Arrastre de Organismos

Con el objetivo de reducir el arrastre de organismos en las instalaciones sujetas al ámbito de acción de la propuesta de norma, y otorgar al dueño de la instalación industrial la flexibilidad necesaria para adoptar la medida que mejor se ajuste a sus necesidades, se deberá:

- (1) En instalaciones existentes: Realizar un estudio de caracterización de arrastre⁵⁸ de organismos que deberá ser presentado a la contraparte evaluadora. El estudio de caracterización de arrastre se debe realizar para cada sistema de captación existente a Diciembre de 2015.
- (2) En instalaciones nuevas que utilicen un sistema de captación existente: Presentar un estudio de caracterización de arrastre⁵⁸ de organismos en el sistema de captación que deberá ser presentado a la contraparte evaluadora.
- (3) En instalaciones en construcción, o con calificación ambiental aprobada que no hayan iniciado construcción, que utilicen un sistema de captación nuevo: Una vez que comience la operación de la instalación, se deberá realizar un estudio de caracterización de arrastre⁵⁸ de organismos que deberá ser presentado a la contraparte evaluadora. El estudio de caracterización de arrastre se debe realizar para cada sistema de captación.

⁵⁸ En el Anexo 15 se incluyen los elementos deseables de abordar en un estudio de caracterización de arrastre. Será materia de un reglamento o guía técnica definir las indicaciones para realizar dicho estudio, tomando en consideración las particularidades de la instalación industrial, particularmente el volumen de agua retirado.

(4) En instalaciones nuevas o en evaluación ambiental que utilicen un sistema de captación nuevo: Realizar un estudio de caracterización del emplazamiento⁵⁹ que deberá ser presentado a la contraparte evaluadora.

El estudio de caracterización de arrastre deberá ser efectuado por un periodo de al menos 12 meses y no deberá superar los 24 meses.

Basado en los resultados del estudio de caracterización del emplazamiento o estudio de caracterización de arrastre, se permite la selección de una opción, dentro de las siguientes alternativas identificadas como parte de las mejores opciones disponibles para reducir el arrastre de organismos:

(1) Operar una estructura de toma de agua que cumpla los requerimientos (1), (3), (4), (5) ó (6) definidos para reducción de riesgo e impacto de atrapamiento de organismos, y que considere objetivos de reducción de arrastre en función de los organismos identificados en el estudio de caracterización que se pretenda proteger.

(2) Operar un sistema de enfriamiento cerrado (húmedo, seco o híbrido). Opción válida en aquellos sistemas que requieran agua para enfriamiento.

(3) Operar un sistema de captación por infiltración o mediante pozos, opción válida principalmente para sistemas de desalinización. En este caso no se requiere el cumplimiento de requerimientos para reducir el riesgo e impacto de atrapamiento.

En la opción (2) mencionada anteriormente, el sistema de enfriamiento cerrado debe ser diseñado, operado y mantenido adecuadamente, lo que implica minimizar la recarga y descarga de agua en aguas marítimas o terrestres superficiales para proveer agua de enfriamiento a un proceso industrial. El agua de enfriamiento pasa a través de un condensador y es reutilizada, en múltiples oportunidades, en el proceso de enfriamiento. Un sistema de enfriamiento cerrado operado y mantenido adecuadamente realiza nuevos retiros de agua para enfriamiento desde el cuerpo de agua sólo para reponer pérdidas que ocurren debido a evaporación, purga y gotas arrastradas por el flujo de aire.

El operador de la instalación debe realizar inspecciones visuales o monitoreo remoto a los sistemas de captación mientras éstos se encuentren en operación. Las inspecciones deben realizarse al menos de manera semanal de manera de verificar que los sistemas funcionan apropiadamente, de acuerdo a las condiciones de diseño. La contraparte evaluadora podrá establecer procedimientos alternativos si este requerimiento no es factible o presenta una sobre-exigencia para el sistema (por

⁵⁹ En el Anexo 12 se incluyen los elementos deseables de abordar en un estudio de caracterización de emplazamiento. Será materia de un reglamento o guía técnica definir las indicaciones para realizar dicho estudio, tomando en consideración las particularidades de la instalación industrial, particularmente el volumen de agua retirado.

ejemplo, en sistemas de captación fuera de la línea de la costa, sumergidos, o durante periodos de mal tiempo).

Para el caso particular de instalaciones existentes e instalaciones nuevas que utilicen un sistema de captación de agua existente se permitirá al dueño de la instalación, en reemplazo de dar cumplimiento a las opciones (1), (2) y (3) indicadas previamente, presentar antecedentes que permitan demostrar que cuenta con un sistema de gestión de riesgo de arrastre de organismos que minimiza el arrastre de organismos tomando consideraciones específicas del emplazamiento y la instalación industrial. Se debe fundamentar que se realizan todas las medidas de gestión factibles y razonables para la reducción de arrastre de organismos, considerando los factores relevantes de la instalación y su emplazamiento. Los factores relevantes deben considerar, al menos, lo siguiente:

- i. Número y tipo de organismos arrastrados.
- ii. Impactos que un cambio en el sistema de captación y/o refrigeración podría producir en las emisiones atmosféricas y otros contaminantes del sistema industrial.
- iii. Disponibilidad de terreno, en los aspectos que son relevantes para la evaluación del sistema de reducción de arrastre de organismos.
- iv. Vida útil remanente de la planta.
- v. Impactos en la confiabilidad de la operación del sistema industrial
- vi. Cuantificación del beneficio social y costo de la tecnología de reducción de arrastre, cuando dicha información de beneficio social y costo sea pertinente para fundamentar una decisión.

Si producto de la evaluación de los factores mencionados anteriormente, la adopción de las alternativas consideradas tienen un costo social que no se justifica con el beneficio social, o tiene impactos negativos que no pueden ser mitigados, la contraparte evaluadora del SEA o SMA podrá determinar que no se requiere una medida de control adicional a las que la instalación industrial ya ha implementado y está gestionando.

En caso de instalaciones nuevas, se podrá fundamentar mediante un informe técnico que una tecnología específica de protección de la captación tiene efectividad biológica probada⁶⁰ con antecedentes, preferentemente de implementaciones a escala industrial, que documenten que la tecnología ha sido efectiva protegiendo — en otras localidades — a uno o más organismos de características similares a los presentes zona de interés.

El informe técnico deberá presentar información del mecanismo de protección propuesto y su efectividad biológica teniendo en consideración factores ambientales, de ingeniería, y de operación que podrían influenciar el desempeño de la tecnología en evaluación. La información deseable a presentar podrá incluir: la localización donde ha sido utilizado el sistema, el tipo de cuerpo de agua, una descripción de la instalación industrial, el flujo de agua requerido, el tipo de sistema de captación de agua, los parámetros de diseño de las rejillas de protección (tamaño de ranuras,

⁶⁰ Ha reducido de manera significativa el arrastre y el atrapamiento de organismos en aplicaciones a escala industrial.

velocidad de flujo de agua), las características del agua, presencia de residuos, efectividad biológica, y otras referencias relevantes.

Se debe considerar que una alternativa de protección del sistema de captación puede tener una ventaja sobre otra alternativa si, para una efectividad biológica similar, la alternativa propuesta tiene menores requerimientos estructurales para su instalación.

7.4 Plazo de Implementación

Las autoridades deben definir el plazo de implementación tan pronto sea prácticamente posible. El plazo de implementación no debe superar los 4 años, contados desde la fecha de vigencia de la propuesta de normativa.

Los operadores de instalaciones sujetas al ámbito de acción de la propuesta de norma deberán presentar a la contraparte evaluadora un cronograma con la calendarización de actividades propuestas para dar cumplimiento a los requerimientos derivados de su aplicación. La contraparte evaluadora podrá realizar indicaciones al cronograma.

Para el cumplimiento de centrales termoeléctricas, el cronograma de implementación debe evaluar medidas que consideren una confiabilidad adecuada en el sistema eléctrico durante el periodo en que una central esté fuera de servicio producto de la implementación de las medidas necesarias para dar cumplimiento a los requerimientos derivados de esta propuesta de norma. Para dichos efectos, la contraparte evaluadora o fiscalizadora deberá coordinarse apropiadamente con el CDEC.

8 ALTERNATIVAS DE GESTIÓN Y DE REGULACIÓN ASOCIADAS A LA DESCARGA DE AGUA

Como se indicó en la Sección 3, ciertos procesos industriales retiran, usan, y consumen agua. El agua que no es consumida ni recirculada en el proceso se descarga a un cuerpo de agua. Generalmente el agua descargada incluye compuestos químicos, biológicos, energía, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, puede constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

El sistema de enfriamiento es el principal factor que explica su uso de agua en una central termoeléctrica. La Tabla 27 sintetiza las distintas alternativas que contribuyen a reducir los impactos asociados a la descarga de agua, particularmente en procesos de generación que requieren agua para enfriamiento.

Tabla 27: Alternativas para reducir la tensión entre el uso de agua y la producción de energía en plantas termoeléctricas en la descarga de agua

| Interés de los Stakeholders: Reducción Impacto por | | Proceso o medida que contribuye al cumplimiento del objetivo | Alternativa tecnológica |
|--|----------------|--|---|
| 1. Uso de químicos | 2. T° efluente | | |
| ✓ | ✓ | Selección - en etapa temprana de desarrollo - de una central más eficiente para reducir requerimiento de uso de agua para enfriamiento | Central más eficiente |
| ✓ | ✓ | Reducir el volumen captado desde el cuerpo de agua | Sistema de enfriamiento cerrado (húmedo o seco) |
| ✓ | ✓ | Selección - en etapa temprana de desarrollo - de emplazamiento apropiado para la ubicación del punto de descarga | Emplazamiento apropiado de la descarga |
| ✓ | | Protocolizar y controlar dosificación de químicos de acuerdo a requerimientos | Dosificación de químicos |
| ✓ | | Seleccionar compuestos químicos de acuerdo a requerimientos específicos | Selección de químicos |
| ✓ | ✓ | Mejorar la dilución de efluentes en el medio acuático receptor | Uso de Difusor en la Descarga |

En una central termoeléctrica a carbón existen otros procesos donde se utiliza un volumen significativamente menor de agua (comparado con la cantidad de agua utilizada para enfriamiento). Existen diversos factores que afectan la producción de contaminantes en los distintos procesos. El

agua puede ser utilizada de diversas formas, pudiendo, dependiendo del tipo de procesos o sistema de gestión, producirse una descarga. No obstante, en parte importante de los sistemas asociados a una central termoeléctrica, el uso de agua es gestionado de manera de minimizar las descargas de contaminantes. En la siguiente tabla se presenta la relación entre la fuente de contaminante, los factores que afectan su producción, su eventual causa de mezcla con agua, y las posibles medidas de gestión y reducción de descargas líquidas. La tabla corresponde a una síntesis de diversos antecedentes presentados en (The Babcock & Wilcox Company, 2015), (U.S. EPA, 2013), (European Commission, 2006), (European Commission, 2001) y (Alstom, 2009).

Tabla 28: Causas y Factores que afectan la generación distintas fuentes de descargas líquidas para y las posibles medidas de mitigación (U.S. EPA, 2013) (The Babcock & Wilcox Company, 2015) (European Commission, 2006) (European Commission, 2001) (Alstom, 2009).

| Fuente de Descarga Líquida | Factores que Afectan la Producción del Contaminante | Causa de Posible Mezcla entre Fuente de Contaminante y Descarga Líquida | Posibles Medidas de Mitigación / Reducción de la Descarga Líquida |
|---------------------------------|--|--|---|
| <p>Manejo de Cenizas</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Tipo de Carbón -Diseño de Caldera -Sistema de Combustión -Filtro de Mangas -Precipitador -Pulverizador -Calentador de Aire -Otros Combustibles -Tipo de Sistema de Manejo de Cenizas -Tipo de Sistemas de Control de Material Particulado | <ul style="list-style-type: none"> -Utilización de agua para transportar cenizas volantes (“Fly Ash”) que equivale entre 20% y 30% de las cenizas producidas. -Utilización de agua para transportar cenizas depositadas (“Bottom Ash”) que equivale a entre 70%-80% de las cenizas producidas. | <p>Medida Aplica Sólo a Cenizas Volantes (“Fly Ash”):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sistema de Movimiento de Cenizas Neumático Húmedo - Sistema Seco de Movimiento de Cenizas con Aire combinado con sistema de presión. <p>Medida Aplica sólo a Cenizas Depositadas (“Bottom Ash”):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sistema de Arrastre Mecánico -Canal Transportador de Ceniza con Vibración. -Reciclaje Completo en Plantas de Bajo Volumen. <p>Medida Aplica a ambos tipos de Cenizas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sistema de Baldeo Húmedo (Wet Sluicing System) - Sistemas Mecánicos -Sistema Seco de Movimiento de Cenizas con Aire - Sistemas de Presión |
| <p>Pila de Carbón</p> | <p>Tamaño de Pila de Carbón Definido por:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tipo de Carbón (Contenido Energético de Combustible) -Eficiencia de la Central -Otros Combustibles <p>Producción de Efluente Definido por:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Periodo de permanencia de agua en carbón (en caso que se acumule agua) -Programa de limpieza de carbón | <p>El agua de lluvia o el oxígeno en el aire reacciona con minerales para producir una descarga contaminada con sulfato ferroso, hidróxido de hierro y ácido sulfúrico.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Cancha de almacenamiento de carbón en superficies selladas con drenaje, sistema de recolección de drenaje, y tratamiento de descarga. |

| Fuente de Descarga Líquida | Factores que Afectan la Producción del Contaminante | Causa de Posible Mezcla entre Fuente de Contaminante y Descarga Líquida | Posibles Medidas de Mitigación / Reducción de la Descarga Líquida |
|---|--|---|---|
| Purga Desulfurizador de Efluentes Gaseosos (FGD) | -Producción de Sulfuros: <ul style="list-style-type: none"> o Limpieza del Carbón o Uso de Carbón con Menor Contenido de Sulfuros o Uso de Otros Combustibles -Tipo de Sistema FGD para Control de Dióxido de Sulfuro -Diseño de scrubber y prácticas operacionales -Proceso de separación de sólidos -Proceso de secado de sólidos -Materiales utilizados en sistema FGD -Operación / mantenimiento sistema FGD -Nivel de reciclaje -Sistemas de control de contaminantes instalados antes de sistema FGD | En los sistemas FGD húmedos, el líquido absorbente se rocía en los efluentes gaseosos para eliminar el dióxido de sulfuro del vaho, este licor se somete a un proceso de separación de sólidos y se recircula, en algún momento se purga el sistema cerrado que genera una descarga que puede incluir sulfato de calcio, sulfito de calcio, cloruro de calcio, concentraciones de otros cloros, sólidos disueltos totales, nutrientes, y metales, y aditivos. | -Laguna de decantación -Precipitación química -Tratamiento biológico -Sistema de evaporación de compresión de vapor -Prácticas de diseño y operaciones de cero descarga |
| Limpieza de Equipos | Limpieza de: Compresor de aire, Sistema de Enfriamiento, Calentador de aire, Caldera, Turbina a gas, Condensador, Ventiladores de tiro, Economizador, Equipo desulfurizador de efluentes Gaseosos (FGD), Recuperación de calor en generador a vapor, Colectores de polvo mecánicos, Precipitadores, Reducción Catalítica Selectiva (SCR), Lodos, Limpieza con aire, Turbina a Vapor, Sobrecalentador | Resulta de la limpieza de cualquier equipo que acumula metales o contiene metales. | -Neutralización -Métodos de limpieza secos -Alternativas que reducen descargas líquidas |
| Vertedero de Residuos Asociados a Combustión de Carbón | -Tipo de carbón -Diseño de caldera -Sistema de combustión -Filtro de mangas Precipitador | Residuos en el proceso de combustión incluye ceniza, solidos del sistema FGD, residuos FGMC, y otros residuos sólidos, estos residuos son almacenados en vertederos o embalsados. La descarga se produce cuando líquidos escurren de la laguna de decantación o vertederos. | -Laguna de decantación -Precipitación química -Tratamiento biológico |

| Fuente de Descarga Líquida | Factores que Afectan la Producción del Contaminante | Causa de Posible Mezcla entre Fuente de Contaminante y Descarga Líquida | Posibles Medidas de Mitigación / Reducción de la Descarga Líquida |
|---|---|--|---|
| Uso de Químicos en Sistema de Enfriamiento | <ul style="list-style-type: none"> -Condiciones ambientales locales -Diseño y materiales en sistema de captación de agua -Diseño y materiales en componentes de sistema de enfriamiento -Tratamiento para prevención de corrosión en sistema de enfriamiento -Tratamiento para incrustación en Sistema de Enfriamiento -Tratamiento para formación biológica en sistema de enfriamiento | <ul style="list-style-type: none"> -La descarga de sistemas abiertos puede contener químicos que son incorporados al sistema de enfriamiento. - En los sistemas cerrados se genera descarga cuando se purga y se limpia el sistema, esta purga contiene los residuos de los químicos que se le han incorporado al sistema para mantener su correcto funcionamiento. | <p>Uso sólo en Sistemas Abiertos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Limitar aplicación de biocidas -Reducir emisiones de oxidante libre -Reducir emisiones de oxidantes libres residuales <p>Uso sólo en Sistemas Cerrados:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reducir cantidad de hipoclorito -Reducir cantidad de biocidas y purgas -Reducir aplicación de ozono -Reducir emisiones de biocidas de hidrolización rápida <p>Uso en ambos Sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Usar sistemas físicos para reducir bioincrustación -Reducir corrosión de sistema de enfriamiento -Optimizar la aplicación de aditivos -Usar menor cantidad de químicos peligrosos -Optimizar dosificación de biocidas -Procesos de tratamiento de agua de enfriamiento |
| Sistema de Control de Emisiones de Mercurio (FGMC) | <ul style="list-style-type: none"> -Tipo de Carbón -Combustión en Caldera -SCR – Reducción Catalítica Selectiva -Calentador de Aire -Precipitador -Filtro de Mangas -FGD – Desulfurizador de Efluentes Gaseosos -Tecnologías y Sistemas de Control de Mercurio | <p>La descarga líquida con mercurio se podría generar en las siguientes instancias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se le agrega oxidantes al carbón antes de la cámara de combustión para que el sistema FGD pueda eliminar el mercurio oxidado de los efluentes gaseosos, si el sistema FGD es húmedo podría incrementar la concentración de mercurio en la descarga líquida del FGD. -Se agrega carbón activado a los efluentes gaseosos para absorber el mercurio y capturarlo en el sistema de eliminación de material particulado, este residuo sólido se trataría de la misma forma que la ceniza volante y de ser transportada con agua podría incrementar la concentración de mercurio en el agua que transporta las cenizas volantes. | <ul style="list-style-type: none"> -Sistema de Baldeo Húmedo (Wet Sluicing System) -Sistema de Movimiento de Cenizas Neumático Húmedo -Sistema Seco de Movimiento de Cenizas con Aire - Sistemas de Presión -Sistemas de Presión y Vacío Híbridos - Sistemas Mecánicos |

8.1 Revisión de Normativa Internacional Respecto a la Descarga de Agua

A continuación se presenta una síntesis de los aspectos normativos relacionados a la descarga que se han revisado en Chile, Estados Unidos y Europa.

8.1.1 Clean Water Act (US EPA)

El “*Clean Water Act*” (CWA) estableció un programa integral para proteger los cuerpos de agua en Estados Unidos. Esta ley prohíbe la descarga de contaminantes al agua excepto cuando estén autorizados por medio de un permiso obtenido por el *National Pollutant Discharge Elimination System* (NPDES) definido en la sección 402 del CWA. Adicionalmente, el CWA le autoriza a la US EPA a establecer guías (ELG – *Efluent Limit Guidelines*⁶¹) para limitar las descargas de efluentes por categoría de fuente de la descarga (tipo de proceso industrial) (U.S. Environmental Protection Agency, 2013).

La sección 305 del CWA (Tabla 29) establece que cada contaminante estará sujeto a una limitación que se deriva de la aplicación de la mejor tecnología disponible, aplicable de una forma económicamente factible. Estos límites serán definidos para categorías industriales específicas, indicadas en la Tabla 30⁶². La definición del límite para cada contaminante deberá tener en consideración los impactos definidos en el tercer párrafo de la Tabla 29.

Tabla 29: Condiciones para agregar contaminantes a la lista regulada (CWA)

| Inglés – CWA (2002) SEC 305 | Español – CWA (2002) SEC 305 |
|--|---|
| <p><i>“Each toxic pollutant listed in accordance with paragraph (1) of this subsection shall be subject to effluent limitations resulting from the application of the best available technology economically achievable for the applicable category or class of point sources established in accordance with section 301(b)(2)(A) and 304(b)(2) of this Act.</i></p> <p><i>The Administrator, in his discretion, may publish in the Federal Register a proposed effluent standard (which may include a prohibition) establishing requirements for a toxic pollutant which, if an effluent limitation is applicable to a class or category of point sources, shall be applicable to such category or class only if such standard imposes more stringent requirements.</i></p> | <p><i>“Cada contaminante toxico de acuerdo al párrafo 1 de esta subsección deberá estar sujeto a un límite de efluentes resultando de la aplicación de la mejor tecnología disponible que sea aplicable de una forma económicamente factible para las categorías o tipos de fuentes de contaminación establecidos de acuerdo a la sección 301(b)(2)(A) y 304(b)(2) de esta ley.</i></p> <p><i>El administrador tendrá a su discreción la habilidad de publicar en el Registro Federal un estándar de efluentes propuesto (el cual podría incluir una prohibición) estableciendo el requerimiento de un contaminante toxico, de definir que un límite a los efluentes es aplicable a alguna clase o categoría solo si el estándar impone requerimientos más estrictos.</i></p> |

⁶¹ CWA sección 301 and 304, 33 U.S.C. 1311 y 1314.

⁶² La EPA primero recolecta información relacionada a las prácticas industriales. Luego define las características de las descargas, identifica tecnologías o prácticas para prevenir la descarga y analiza los aspectos económicos asociados. Posteriormente identifica la mejor tecnología disponible que es económicamente factible de utilizar en una industria en específico

| | |
|---|---|
| <p><i>Such published effluent standard (or prohibition) shall take into account the toxicity of the pollutant, its persistence, degradability, the usual or potential presence of the affected organisms in any waters, the importance of the affected organisms and the nature and extent of the effect of the toxic pollutant on such organisms, and the extent to which effective control is being or may be achieved under other regulatory authority.”</i></p> | <p><i>Los estándares de efluente publicados (o la prohibiciones) deberán tomar en consideración la toxicidad del contaminante, su persistencia, su degradación, la potencial presencia de organismos afectados en cualquier cuerpo de agua, la importancia de los organismos afectados, la naturaleza y la magnitud del efecto del contaminante toxico en los organismos y la efectividad del control que pudiera ser alcanzada bajo otra autoridad regulatoria.”</i></p> |
|---|---|

Tabla 30- Categorías Industriales a las cuales se les define estándares de descarga de acuerdo a NPDES (U.S. Environmental Protection Agency, 2013)⁶³

| Categorías Industriales con Estándares de Descarga Definidos de Acuerdo a NPDES | | |
|--|--------------------------------------|--|
| • Formación de Aluminio | • Producción de Químicos Inorgánicos | • Equipo y Surtido Fotográfico |
| • Lavanderías | • Manufactura de Hierro y Acero | • Procesamiento de Plástico |
| • Manufactura de Baterías | • Acabado y Curtido de Cuero | • Manufactura de Plástico y Materiales Sintéticos |
| • Minería de Carbón | • Manufactura de Productos Mecánicos | • Esmalte de Porcelana |
| • Cubierta Bobinas y Serpentinás | • Manufactura de Metales No Ferrosos | • Imprenta y Publicaciones |
| • Formación de Cobre | • Minería de Minerales | • Celulosa y Papel |
| • Componentes Electrónicos y Eléctricos | • Producción de Químicos Orgánicos | • Procesamiento de Gaucho |
| • Galvanoplastia | • Formulación de pintura y tinta | • Manufactura de jabón y Detergente |
| • Producción de Explosivos | • Pesticidas | • Plantas de Generación Eléctrica con uso de Vapor |
| • Fundiciones | • Refinerías de Petróleo | • Fábrica Textil |
| • Químicos Gomas y Madera | • Preparación de Farmacéuticos | • Procesamiento de Productos de Madera |

Las guías de descarga de efluentes definidas por la EPA no definen requisitos que impongan a las instalaciones industriales adoptar una tecnología específica.

⁶³ De acuerdo a NPDES no se incluyen la industria de desalinización dentro de los estándares definidos a nivel federal. Actualmente se está desarrollando una regulación particular en el Estado de California.

En 1974 fue la primera vez que la EPA definió ELGs (*Efluent Limit Guidelines*) para la categoría de Generación de Electricidad a vapor y emitió revisiones subsecuentes en 1977 y 1982. Los ELGs para la categoría están definidos en el 40 CFR 423 e incluye limitaciones para los siguientes sistemas:

- Sistema enfriamiento abierto;
- Purga de Torres de enfriamiento;
- Transporte de ceniza volante;
- Transporte de ceniza depositada;
- Residuos químicos de la limpieza de metales;
- Ecurrimiento de la pila de carbón; y
- Residuos de bajo volumen⁶⁴

El 30 de Septiembre del 2015, como parte del CWA se aprobaron nuevos límites a las descargas para la categoría de Generación de Electricidad a vapor, estos fueron basados en las mejores tecnologías definidas en la Tabla 31.

Tabla 31- Base Tecnológica para nuevos estándares de descargas para termoeléctricas definidos por la EPA en 2015 (EPA, 2015)

| Descargas Líquidas | Base Tecnológica para los BAT / NSPS / PSES / PSNS | | | | | |
|---|--|---|--|---|---|--------------------------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Desulfurizador de Efluentes Gaseosos (FGD) | Precipitación Química | Precipitación Química + Tratamiento Biológico | Precipitación Química + Tratamiento Biológico | Precipitación Química + Tratamiento Biológico | Precipitación Química + Tratamiento Biológico | Evaporación |
| Transporte de Ceniza Volante | Manejo Seco | Manejo Seco | Manejo Seco | Manejo Seco | Manejo Seco | Manejo Seco |
| Agua de Transporte de Ceniza Depositada | Laguna de Decantación | Laguna de Decantación | Manejo Seco / Circuito Cerrado (Unidades > 400 MW) Laguna de Decantación (Unidades <= 400 MW) | Manejo Seco / Circuito Cerrado | Manejo Seco / Circuito Cerrado | Manejo Seco / Circuito Cerrado |
| Control de Emisiones Atmosféricas de Mercurio (FMGC) | Manejo Seco | Manejo Seco | Manejo Seco | Manejo Seco | Manejo Seco | Manejo Seco |
| Gasificación | Evaporación | Evaporación | Evaporación | Evaporación | Evaporación | Evaporación |
| Infiltración de Residuos de Combustión | Laguna de Decantación | Laguna de Decantación | Laguna de Decantación | Laguna de Decantación | Precipitación Química | Precipitación Química |
| Residuos por Limpieza de Metales sin Químicos | Reservado | Reservado | Reservado | Reservado | Reservado | Reservado |

⁶⁴ “wastewaters from wet scrubber air pollution control systems, ion exchange water treatment systems, water treatment evaporator blowdown, laboratory and sampling streams, boiler blowdown, floor drains, cooling tower basin cleaning wastes, and recirculating house service water systems (sanitary and air conditioning wastes are not included)” [40 CFR 423.11(b)].

BAT- Best Available Technology Economically Achievable

NSPS - New Source Performance Standards

PSES - Pretreatment Standards for New Sources

PSNS - Pretreatment Standards for Existing Sources

La EPA decidió establecer el BAT (en lugar del NSPS, PSES y PSNS) para definir limitaciones a efluentes basadas en las distintas tecnologías, indicadas en la opción D de la Tabla 31. El BAT permitió establecer:

1. Limitaciones a las descargas líquidas de arsénico, mercurio, selenio, nitratos y nitrógeno en el FGD, basado en precipitación química y tratamiento biológico.
2. La definición de cero descarga líquida en el agua de transporte de la ceniza volante, mediante el uso de manejo seco de la ceniza.
3. La definición de cero descarga líquida en el agua para ceniza depositada, mediante el uso de manejo seco de la ceniza o un circuito cerrado.
4. La definición de cero descarga líquida en el agua de descarga del FGMC, mediante el uso de un sistema de manejo seco.
5. Entre otros. (EPA, 2015)

8.1.2 Integrated Pollution Prevention and Control Directive (Comunidad Europea)

El objetivo de la directiva de *Integrated Pollution Prevention and Control* (IPPCD) es ayudar a definir medidas para prevenir y controlar contaminación que nacen de las actividades presentadas en la Tabla 32. En la Comunidad Europea también se definen condiciones bajo las cuales los permisos otorgados pueden ser modificados o se permite actualizar las exigencias definidas en una autorización determinada (Tabla 33).

Tabla 32- Integrated Pollution Prevention and Control Directive IPPCD 2008 Proposito y Alcance

| Español – IPPCD 2008 |
|---|
| <p>Artículo 1 -Objeto y ámbito de aplicación -La presente Directiva tiene por objeto la prevención y la reducción integradas de la contaminación procedente de las actividades que figuran en el anexo I. En ella se establecen medidas para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir las emisiones de las citadas actividades en la atmósfera, el agua y el suelo, incluidas las medidas relativas a los residuos, con el fin de alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente considerado en su conjunto, sin perjuicio de las disposiciones de la Directiva 85/337/CEE, y de las otras disposiciones comunitarias en la materia.</p> <p>Anexo I –</p> <ol style="list-style-type: none">1. <i>Instalaciones de combustion</i><ol style="list-style-type: none">1.1 <i>Instalaciones de combustión con una potencia térmica de combustión superior a 50 MW.</i>1.2 <i>Refinerías de petróleo y de gas.</i>1.3 <i>Coquerías.</i>1.4 <i>Instalaciones de gasificación y licuefacción de carbón.</i>2. <i>Producción y transformación de metals</i><ol style="list-style-type: none">2.13. <i>Industrias minerales</i><ol style="list-style-type: none">3.1 |

| |
|--|
| 4. <i>Industria química</i> 4.1 |
| 5. <i>Gestión de residuos</i> 5.1 |
| <i>Otras actividades</i> (European Parliament and the Council of the European Union, 2008) |

Tabla 33- Integrated Pollution Prevention and Control Directive IPPCD 2008, Actualización de Permisos

| Español – IPPCD 2008 |
|---|
| <p>Artículo 13 - Revisión y actualización de las condiciones del permiso por la autoridad competente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para que las autoridades competentes revisen periódicamente y actualicen, si fuere necesario, las condiciones del permiso.</i> 2. <i>En cualquier caso, la revisión se emprenderá cuando:</i> <ol style="list-style-type: none"> a) <i>la contaminación producida por la instalación haga conveniente la revisión de los valores límite de emisión existentes del permiso o incluir nuevos valores límite de emisión;</i> b) <i>a consecuencia de importantes cambios en las mejores técnicas disponibles resulte posible reducir significativamente las emisiones sin imponer costes excesivos;</i> c) <i>la seguridad de funcionamiento del proceso o actividad haga necesario emplear otras técnicas;</i> d) <i>así lo exijan disposiciones nuevas previstas en la legislación de la Comunidad o del Estado miembro</i> (European Parliament and the Council of the European Union, 2008). |

Se identificaron los siguientes documentos que hacen referencia a las mejores técnicas disponibles asociadas a las descargas industriales y de plantas de generación (Turnpenney, Bruijs, Wolter, & Edwards, 2012):

- ***Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the application of Best Available Techniques (BREF) to Industrial Cooling System*** - El IPPC BREF to Industrial Cooling Systems publicado en diciembre 2001 cubre las mejores técnicas disponibles para mitigar los impactos a los sistemas de enfriamiento (European Commission, 2001).
- ***Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques (BREF) for Common Wastewater and Waste Gas treatment/management systems in the chemical sector*** - El IPPC BREF “Common Wastewater and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector” publicado en febrero del 2003 cubre las mejores técnicas disponibles para mitigar los impactos de las descarga de instalaciones que procesan químicos (European Commission, 2003).
- ***Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques (BREF) for Large Combustion Plant-*** El IPPC BREF “Large Combustion Plants” - publicado en julio del 2006 cubre las mejores técnicas disponibles para mitigar impactos de instalaciones donde se combustione combustibles con una capacidad térmica mayor a los 50 MW (European Commission, 2006).

- ***Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Economics and Cross-Media Effects*** –El documento de IPPC BREF “Cross-Media Effects” publicado en julio 2006 presenta las mejores técnicas disponibles para desafíos ambientales que cruzan los medios (European Commission, 2006).
- ***Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques (BREF) on Emissions from Storage*** – El IPPC BREF de “Emissions from Storage” publicado en julio del 2006 sobre las mejores técnicas para reducir emisiones al aire, al suelo y al agua de almacenamiento y transferencia de líquidos, gases licuados y sólidos (European Commission, 2006).

Adicionalmente la regulación de la Unión Europea que afecta la aplicación de aditivos en sistemas de enfriamiento es la siguiente:

- Council Directive on Pollution Caused by Certain Dangerous Substances Discharged,
- Biocidal Products Directive 98/8, y
- Guidelines for the identification of Mixing Zones under the EQS Directive (2008/105/EC)

De manera de ilustrar las diferencias entre las exigencias de la normativa de descarga en Estados Unidos y Chile, la Tabla 28 presenta una síntesis de las limitaciones establecidas en ambos contextos normativos. Para el caso de Chile se utilizó como referencia el DS 90, particularmente la sección de descarga de residuos líquidos a cuerpo de agua marinos dentro de la zona de protección litoral; para el caso de Estados Unidos se consideró el 40 CFR Sección 423, utilizada para normar Fuente Puntuales de Generación Eléctrica a Vapor para lugares con descarga directa en emplazamientos existentes.

Tabla 34: Comparación de exigencias de descargas límites definidas en Chile y Estados Unidos

| | Proceso | USA | | Chile | |
|--|--|--|--|--|---|
| | | Estándar (BAT) | Explicación | Estándar | Explicación |
| Industria - Generación Eléctrica a Vapor | Todas Aguas Residuales | - Cero Descarga de Policlorobifenilos | Estándares: Best available technology economically achievable (BAT) | -pH entre 6,0-9,0 | Estándares: Descarga de residuos líquidos a cuerpos de <i>agua marinos dentro de la zona de protección litoral</i> |
| | Transporte de Cenizas Volantes | -Cero Descarga de Contaminantes en Efluente | | -TSS < 100 mg/l límite máximo | |
| | Agua de Transporte de Cenizas de Fondo | - Cero Descarga de Contaminantes en Efluentes | | -Aceites y Grasas < 20 mg/l límite máximo | |
| | Residuos de Limpieza de Químicos Metálicos | -Cobre < 1,0 mg/l máximo por día -Hierro < 1,0 mg/l máximo por día | | Reglamento: Titulo 40 – Protección del Medio Ambiente | |
| | Residuos de Limpieza de Químicos No-Metálicos | | | | |
| | Agua de Sistema de Enfriamiento Abierto | -Cloro Total Residual < 0,2 mg/l aplica en plantas de 25 MW y no puede ser descargado más de 2 horas por día -Cloro Residual Libre < 0,5 mg/l aplica en plantas de 25 MW y no puede ser descargado más de 2 horas por día | Sección: Parte 423 Fuente Puntual de Generación Eléctrica a Vapor | -Hierro < 10 mg/l límite máximo | |
| | Purga de Torre de Enfriamiento | -Cloro Residual Libre < 0,5 mg/l aplica en plantas de 25 MW y no puede ser descargado más de 2 horas por día -Cero Descarga de 126 Contaminantes de Prioridad listados en reglamento excepto cromo y cinc* (lista incluye Arsenico, Cadmio, Cianuro, Mercurio, Niquel, Pentaclorofenol, Plomo, Selenio, Tetracloroeteno, Tolueno, Triclorometano (Cloroformo), Trihalometanos) -Cromo < 0,2 mg/l máximo por día -Zinc < 1,0 mg/l máximo por día | | -Arsénico < 0,2 mg/l límite máximo -Cadmio < 0,02 mg/l límite máximo -Cianuro < 0,5 mg/l límite máximo | |
| | Efluente Líquido FGD | -Arsénico < 11 ug/l máximo por día -Mercurio < 788 ng/l máximo por día -Selenio < 23 ug/l máximo por día -Nitrato/Nitrito < 17 mg/l máximo por día | | -Mercurio < 0,005 mg/l límite máximo -Níquel < 2 mg/l límite máximo | |
| | Eluente Líquido Control de Emisiones Atmosféricas de Mercurio (FMGC) | -Zero Descarga de Contaminantes en Efluente | | -Plomo < 0,2 mg/l límite máximo -Selenio < 0,01 mg/l límite máximo | |

8.1.3 Respeto del Planteamiento de Definición de Zona de Mezcla

La definición del impacto por temperatura de la descarga no está sólo relacionada a la temperatura del efluente en el punto de la descarga, sino también a la zona de mezcla del efluente. Se han identificado distintos procedimientos para determinar la zona de mezcla. La Tabla 36 sintetiza las principales definiciones asociadas a la regulación en Estados Unidos y Europa. La Tabla 35 presenta el criterio de definición de temperatura para definir el borde de la zona de mezcla en ambientes marinos de distintos países.

Tabla 35: Definición de temperatura en el borde de zona de mezcla en ambientes marinos [Adaptado de (British Energy Estuarine & Marine Studies, 2011) y (EPRI, 2012)]

| País | ¿Regulación de Descarga Térmica en Aguas Marítimas? | Regulación |
|----------------|---|--|
| Estados Unidos | No | ----- |
| Canadá | Si | Permite 1 °C sobre temperatura ambiente en el borde de la zona de mezcla |
| Sudáfrica | Si | Permite 1 °C sobre temperatura ambiente en el borde de la zona de mezcla |
| Nueva Zelanda | No | ----- |
| Holanda | Si | Permite 2 °C sobre temperatura ambiente en el borde de la zona de mezcla |
| Alemania | No | ----- |
| Dinamarca | Si | Permite 1 °C sobre temperatura ambiente en el borde de la zona de mezcla |
| Bélgica | Si | ----- |
| Finlandia | No | ----- |
| Suecia | No | ----- |
| Japón | Si | Permite 1 °C sobre temperatura ambiente en el borde de la zona de mezcla |

Una revisión internacional del uso de zonas de dilución ha indicado que su definición es compleja y no existe un método que se ajuste a todas las situaciones (Auckland Regional Council, 2010).

La Guía Técnica de Zona de Mezcla para dar cumplimiento al Artículo 4(4) de la Directiva 2008/105/EC establece un procedimiento para determinar la zona de mezcla dependiendo del impacto sobre el cuerpo de agua, cuyo objetivo de calidad ha sido pre-definido. El procedimiento tiene distintos grados de complejidad dependiendo del nivel de afectación estimado.

La US EPA tiene un mayor enfoque en cuerpos de aguas territoriales superficiales. La Autoridad define caso a caso si una zona de mezcla es apropiada. Generalmente se concluye que una zona de

mezcla no es apropiada cuando: 1) perjudica el uso asignado previamente al cuerpo de agua; 2) contiene contaminantes en concentraciones que pueden ser letales para los organismos hidrobiológicos expuestos al cuerpo de agua afectado; 3) contienen contaminantes en concentraciones que pueden significar un riesgo para la salud de la población; y 4) cuando pueden poner en peligro áreas críticas, con biota sensible, especies amenazadas, zonas de reproducción de organismos hidrobiológicos o zonas con fines recreacionales.

Tabla 36: Comparación de definición de zona de mezcla en Estados Unidos y Europa

| | USA – EPA | Europa |
|---------------------------------------|---|--|
| Definición de Zona de Mezcla | Una zona de mezcla es un área donde un efluente experimenta una dilución inicial y es extendida para cubrir una segunda mezcla en el cuerpo de agua. Una zona de mezcla es una zona de impacto determinado donde el criterio de calidad del cuerpo de agua puede ser excedido en la medida que se eviten condiciones tóxicas (EPA, 2006). | Las concentraciones de una o más sustancias enumeradas en el anexo I, parte A,* podrán superar las Normas de Calidad Ambiental (NCA) pertinentes dentro de dichas zonas de mezcla siempre que el resto de la masa de agua superficial siga cumpliendo dichas normas. (normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas) * De la Directiva de normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas |
| Definiciones en Zona de Mezcla | <p>Localización Los Estados y las comunidades indígenas autorizadas pueden restringir la localización potencial de las zonas de mezcla como una forma de proteger organismos bentónicos y la salud de la población de efectos potenciales derivados de niveles altos de contaminación.</p> <p>Los Estados y comunidades indígenas autorizadas pueden prohibir zonas de mezcla donde éstas puedan dañar áreas importantes desde el punto de vista biológico y otras áreas críticas para la nación.</p> <p>Tamaño – Como una forma de proteger el cuerpo de agua como un todo, la concentración de contaminantes dentro de la zona de mezcla no puede ser letal para organismos que se movilizan en el cuerpo de agua o causar un riesgo para la población. Una forma de alcanzar este objetivo es mediante la limitación del tamaño de la zona de mezcla.</p> <p>Forma: El tipo de cuerpo de agua, el diseño del sistema de descarga y las características de la descarga determinarán la forma de la zona de mezcla. La forma debiera ser una configuración simple y fácil de localizar en el cuerpo de agua. La zona de mezcla también debe evitar el aumento del atrapamiento en áreas importantes desde el punto de vista biológico. (EPA, 2014)</p> | <p>La guía técnica presenta una metodología basada en distintos niveles de esfuerzo para enfocar los recursos en aquellas situaciones donde exista un efecto significativo en los cuerpos de agua, generando la oportunidad de no usar recursos en aquellas situaciones donde las descargas no tienen un impacto relevante en el cuerpo de agua. De esta manera, no se exige determinar la zona de mezcla cuando no sea necesario.</p> <p>Se definen distintos niveles de análisis:</p> <p>Nivel 0 – En el nivel 0, sin considerar el tipo de cuerpo de agua se verifica si el efluente contiene un contaminante de interés (contaminant of concern (CoC)). Si este es el caso se procede a revisar si el CoC en el efluente sobrepasa la NCA para ese tipo de contaminante definida para el cuerpo de agua de interés. Todos los casos en que CoC de las descargas no excede la NCA pueden omitir el procedimiento de cálculo de zona de mezcla</p> <p>Nivel 1 – Una vez verificado que los CoC estén presentes en una concentración mayor a la establecida en la NCA, se revisa si la descarga podría tener un impacto significativo en el cuerpo de agua receptor.</p> <p>Nivel 2 - Evaluación de Zona de Mezcla – En un análisis de nivel 2 las dimensiones de la zona de mezcla deben de ser estimadas para juzgar si la descarga es aceptable, esto requiere una evaluación simple para determinar el tamaño de la zona de mezcla.</p> <p>Nivel 3 Evaluación Compleja – Cuando una evaluación simple de la zona de mezcla resulta en que se excede el NCA en el punto de verificación L, las siguientes dos opciones son posibles: (1) tomar acción para reducir el tamaño de la zona de</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | | mezcla y (2) evaluar la zona de mezcla usando modelos complejos. Nivel 4 Estudio de Investigación – Se hacen estudios detallados. (Más información en Guía Técnica Zona de Mezcla para dar cumplimiento al Artículo 4(4) de la Directiva 2008/105/EC). (European Commission, 2010) |
|--|--|--|

El regulador nuclear canadiense ha definido una guía para evaluar los efectos de la pluma térmica en ambientes acuáticos. La guía detalla requerimientos de información, criterios de evaluación, procedimientos de revisión, y posibles conclusiones derivadas de la evaluación (Canadian Nuclear Safety Commission, 2009).

8.1.4 Respetto del Planteamiento de Exigencias en la Regulación Internacional de Desalinización

La regulación en materia de descarga de planta desaladora es reciente. Generalmente la concentración de sal no se define como un contaminante; no obstante se observa como práctica común el hecho de establecer limitaciones a la salinidad en una vecindad del punto de descarga. La Tabla 37 sintetiza el criterio adoptado para establecer límites de salinidad y punto de conformidad en distintos contextos.

Tabla 37: Comparación de Normativa Internacional de Límites de Salinidad y Puntos de Conformidad (Adaptado de (Southern California Coastal Water Research Project, 2012)

| Región o Autoridad | Límite Salinidad | Punto de Conformidad ⁶⁵ | Fuente |
|---|---|------------------------------------|---|
| USA EPA | Aumento ≤ 4 ppm* | | |
| Carlsbad, CA | Absoluta ≤ 40 ppm* | 1000 ft (304,8 m) | Junta Regional de Control de Calidad de Agua de San Diego 2006 |
| Huntington Beach | Absoluta ≤ 40 ppm* salinidad (presentada como un ratio de dilución de descarga de 7:5:1) | 1000 ft (304,8 m) | Junta Regional de Control de Calidad de Agua de Santa Ana 2012 |
| Pautas Australia Occidental | Aumento $\leq 5\%$ | | |
| Puerto Oakajee, Australia Occidental | Aumento ≤ 1 ppm* | | Política de Protección Ambiental de Agua del Estado de Victoria |
| Perth, Australia/Australia Occidental EPA | Aumento $\leq 1,2$ ppm* a 50 m y $\leq 1,2$ ppm* a 1000 m | 50 m y 1000 m | Wec, 2002 |
| Sídney Australia | Aumento ≤ 1 ppm* | 50-75 m | ANZAECC (2000) |
| Costa de Oro, Australia | Aumento ≤ 2 ppm* | 120 m | Alcancía GCD (2006) |
| Okinawa, Japón | Aumento ≤ 1 ppm* | Borde de Zona de Mezcla | Oficina para Empresas Okinawa |
| Abu Dhabi | Aumento $\leq 5\%$ | Borde de Zona de Mezcla | Kastner (2008) |
| Oman | Aumento ≤ 2 ppm* | 300 m | Sultanato de Oman (2005) |

*partes por mil

⁶⁵ Medido desde el punto de descarga.

9 PLANTEAMIENTO CONSIDERACIONES GENERALES A LA NORMATIVA DE DESCARGA EN CHILE

Se trabajó de manera iterativa para balancear e intersectar por una parte las definiciones y necesidades derivadas de un análisis de riesgo medio ambiental (presentado en la Sección 4.1); la revisión de normativa y prácticas internacionales; y las definiciones previamente establecidas en el marco legal en Chile.

En la Sección 5 se indicó que el Ministerio de Medio Ambiente está en proceso de revisión de la norma de emisión DS N° 90 de 2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. De acuerdo a la información del Expediente del proceso de revisión de la norma, en la Resolución Exenta que aprueba el anteproyecto de la norma, se incorpora a los estuarios como nuevo ámbito territorial de aplicación de la norma, se incorporan nuevos parámetros de control (concentración máxima de cloro libre residual y trihalometanos⁶⁶ en la descarga), se modifican algunos valores límites (principalmente para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustre naturales y cuerpo fluvial afluente de cuerpo de agua lacustre), entre otros.

La Tabla 38 presenta los límites máximos propuestos para cloro libre residual y trihalometanos en aguas marítimas tanto dentro de la zona de protección litoral como fuera de ella.

Tabla 38: Definición de límites a nuevos contaminantes en Resolución Exenta que aprueba el anteproyecto de la norma DS 90

| | Cuerpos de agua marinos, dentro del ancho de la zona de protección litoral | Cuerpos de agua marinos, fuera del ancho de la zona de protección litoral |
|----------------------|--|---|
| Cloro libre residual | 1 mg/L | 2 mg/L |
| Trihalometanos | 0,1 mg/L | 0,2 mg/L |

Si bien hay aspectos que pueden ser revisados en la norma de descarga vigente en Chile (DS 90) y su propuesta de modificación (Resolución Exenta que aprueba el anteproyecto de la norma), se requiere un levantamiento de mayores antecedentes para determinar las alternativas tecnológicas de control de emisiones disponibles por industria y el beneficio o perjuicio potencial que se podría obtener al introducir modificaciones.

También se requiere conocer más antecedentes respecto a la existencia de posibles contaminantes, no normados en el DS 90 vigente, o niveles máximos permitidos actualmente, que debieran ser revisados. A modo de referencia, en Estados Unidos el *"Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Steam Electric Power Generating Point Source Category, Final Rule 40 CFR Part 423,"* define límites de descarga a un listado de 126 contaminantes en el caso de sistemas de generación termoeléctricos con torres de enfriamiento. No obstante, la incorporación de un mayor número de contaminantes, específicos a la operación de una determinada actividad, debiera ir

⁶⁶ Trihalometanos = Triclorometano + Tribromometano + dibromoclorometano + bromodiclorometano

aparejada de la revisión de la conveniencia de distinguir limitaciones específicas por industria o tipo de actividad.

Respecto del Ámbito de Aplicación

El DS 90 vigente establece límites máximos de descarga de contaminantes transversales a todas las industrias, y particulares para las descargas en distintos tipos de cuerpo de agua.

Es posible identificar una ventaja clara al hecho de establecer una regulación que limite las descargas por industria o actividad específica. De esta forma se permite al regulador tener una mejor consideración de los avances tecnológicos que se desarrollan por industria. Si la regulación de descarga no es segmentada por industria, se dificulta establecer mejoras a las limitaciones de contaminantes en efluentes cuando existen evidencias objetivas de mejoras tecnológicas en una industria específica que permiten un mejor desempeño (detalles en Memo Alden inserto en Anexo 11).

A modo de referencia, en Estados Unidos actualmente la regulación de limitación de efluentes y succión se realiza específicamente para cada industria. La EPA fundamenta dicha opción al indicar que lo que actualmente puede ser considerado como una mejor tecnología disponible para una industria o actividad específica, en cualquier momento puede cambiar. Por lo tanto, el hecho de considerar una regulación basada en la mejor tecnología disponible requiere, necesariamente, hacer diferenciaciones específicas por industria.

Adicionalmente, el considerar una regulación específica por industria también facilita la revisión de la regulación que afecta sólo a la industria que induce el mayor impacto. Mediante el hecho de contar con la facultad, y eventualmente la facilidad, de revisar la regulación que afecta sólo a las industrias que causan el mayor impacto, las otras industrias (que podrían no ser los emisores principales) tendrían la facilidad de evitar incurrir en el costo de cumplimiento.

La principal desventaja asociada al hecho de contar con una regulación específica por industria está asociada a la necesidad de recursos en términos de tiempo y presupuesto. El hecho de regular a cada fuente emisora por separada requiere que la autoridad no sólo esté informada de: los avances tecnológicos en cada proceso industrial sujeto a regulación, y los avances en tecnologías de tratamiento o gestión de contaminantes; sino también dedique tiempo para revisar periódicamente los estándares para determinar si es recomendable realizar una revisión.

Respecto de la Definición de Límites Máximos de Temperatura de Descarga

Los estándares de temperatura pueden ser definidos tomando como referencia valores absolutos de temperatura o diferencias entre la temperatura de la descarga y la temperatura ambiente en el cuerpo de agua. Debido a las diferencias de temperatura posibles de encontrar en distintas regiones del país, la especificación de un aumento de temperatura por sobre la temperatura promedio ambiente en el cuerpo de agua debiera ser la opción que contribuya de mejor manera con el principio de prevención, y de esa forma reducir el riesgo de impacto de afectación a la flora y fauna. No obstante, una medición de diferencias de temperatura tiene asociada una mayor complejidad

en la medición, hecho que no debiera ser un factor determinante para la decisión de una eventual adopción de este tipo de política.

El DS 90 vigente no hace consideraciones respecto a límites de temperatura estacionales. Estándares más o menos restrictivos podrían ser apropiados durante ciertas épocas del año. Cuando se tiene la intención de evaluar el impacto de descarga de aguas de refrigeración, es fundamental contar con un buen entendimiento de la variabilidad natural de la temperatura en el mar. Luego, un objetivo fundamental es contar con mayor conocimiento de la magnitud y distribución de la temperatura ambiente en las áreas de interés (variaciones entre día y noche, variaciones entre días y variación mensual). Estas variaciones determinan una línea de base a la cual los organismos están adaptados, y corresponde también a una línea de base sobre la cual se superpone la temperatura de la descarga.

En este contexto, es esencial contar con mayores antecedentes que permitan conocer las tolerancias térmicas de especies representativas o especies de interés. De esta forma, el diseño de sistemas que producen descargas líquidas con excesos térmicos puede tener en consideración la habilidad del ecosistema de ajustarse al efecto crónico que produce la exposición de dicha descarga.

En relación a lo indicado en el párrafo anterior, es deseable otorgar una consideración especial a áreas de desove, donde es posible que sea necesario restringir la descarga de excesos térmicos acorde a las necesidades de los organismos. Luego, restricciones estacionales adicionales a los límites máximos de temperatura podrían ser necesarios para lograr objetivos de protección en áreas utilizadas por ciertos organismos para reproducción.

Respecto del Planteamiento de una Norma que Indique Requerimientos para definir una Zona de Dilución

Un estándar de regulación de descarga puede ser considerado más consistente, simple y exigible si es aplicado en punto de descarga, donde puede realmente ser medido. No obstante esta definición contrasta con lo que podría ser más relevante para la biota, donde el cumplimiento de niveles en la columna de agua en la zona de dilución puede ser de importancia fundamental para su protección.

Al observar la normativa y prácticas empleadas por Estados Unidos, países de la Comunidad Europea y Japón, se puede observar que la aplicación de una norma de descarga es complementada con la definición de estándares de calidad para los cuerpos de agua y la definición de procedimientos para determinar las zonas de dilución. A modo de referencia, en el Anexo 10, se proveen indicaciones generales del cálculo de la zona de dilución en el Estado de New York).

Los requerimientos de una zona de dilución probablemente no pueden ser abordados por una norma de descarga, pero podría evaluarse su desarrollo mediante una norma o guía complementaria.

El planteamiento de una regulación que considere integralmente una norma de descarga, la definición de zonas de dilución y la definición de estándares de calidad de agua podría enfatizar el cumplimiento objetivos orientados a minimizar el área de influencia hidrológica, maximizar la

velocidad de dilución, y minimizar la diferencia de la calidad del agua dentro de la zona de dilución respecto de la calidad del agua de referencia fuera de la zona de dilución.

Es deseable generar mayores antecedentes sobre la pluma de descarga no sólo a nivel superficial, sino también a lo largo de la columna de agua. En ciertos casos puede ser más adecuado definir requerimientos sobre la profundidad de la descarga, de manera de evitar que la pluma se adjunte al fondo del mar. Esta situación puede ser de mayor importancia en las descargas de sistemas de desalinización, cuyo efluente tiene una mayor densidad al agua presente en el ambiente.

Finalmente, el planteamiento de zonas de dilución debe ser diferenciado según el tipo de cuerpo de agua: Río, Estuario, Mar, etc. En estuarios, por ejemplo, se recomienda que la zona de dilución no ocupe más del 25% de la sección del canal. Generalmente no se exige un cumplimiento absoluto, por lo que es necesario definir percentiles de cumplimiento (ejemplo: 95%). Un requerimiento similar ocurre con la definición de plumas térmicas en ríos, donde es importante diseñar el sistema de descarga de manera que la pluma térmica no seccione transversalmente el cuerpo de agua.

Otro caso donde la definición de requerimientos para la zona de dilución es importante se encuentra en la industria de desalinización. De acuerdo al análisis de regulación comparado, se observó como práctica general el planteamiento de exigencias de salinidad a una distancia determinada desde el punto de captación. La Tabla 37 (pg.123) ilustra las prácticas determinadas en distintos países. Cabe destacar que si bien un aumento de la concentración de sal en el ambiente puede tener impactos en distintos organismos, bajo el esquema regulatorio vigente la concentración de sal en la descarga no está definido como un contaminante.

Respecto de la Definición de Normas de Calidad

Es crítico dar un impulso al estudio y definición de normas de calidad en zonas de interés. La Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas establece criterios nacionales específicos para el establecimiento de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de aguas continentales superficiales, estableciendo valores máximos y mínimos a considerar (Tabla 1 de la Guía CONAMA, inserta a modo de referencia en el Anexo 17). De manera análoga establece criterios específicos para el establecimiento de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de aguas marinas (Tabla 3 de la Guía CONAMA, inserta a modo de referencia en el Anexo 17).

Es importante revisar los procedimientos y planes para la definición de normas secundarias de calidad. Dado el desarrollo de la industria de generación termoeléctrica, y el eventual crecimiento de la industria de desalinización y extracción de agua de mar para la minería, es crítico avanzar en la definición de norma de calidad para agua de mar.

La Guía desarrollada por CONAMA indica que las normas secundarias de calidad se aplicarán en el mar hasta una distancia equivalente a dos millas náuticas, siempre y cuando la profundidad a esa distancia sea mayor a 100 metros, de lo contrario, se aplicarán hasta la distancia equivalente al veril

de los 100 metros de profundidad. Las distancias indicadas serán medidas desde la línea de la más alta marea.

Tabla 39: Requerimientos de temperatura y cloro libre residual definidos como referenciales en norma de calidad de agua de mar (Tabla 3, Guía CONAMA)

| | Clase 1: Muy buena calidad | Clase 2: Buena Calidad | Clase 3: Regular Calidad |
|----------------------|--|--|--|
| Temperatura | La variación de temperatura no debe ser mayor a 2 °C | La variación de temperatura no debe ser mayor a 3 °C | La variación de temperatura no debe ser mayor a 5 °C |
| Cloro libre residual | < 0,002 mg/L | 0,002 – 0,01 mg/L | 0,01 – 0,1 mg/L |

Se indica que el cuerpo de agua Clase 1 indica que el agua es apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta Clase. En este contexto, es importante definir el ámbito de aplicación de la norma de calidad en conjunto con objetivos de zonificación del borde costero. Para ello, es deseable trabajar de manera coordinada con la Comisión Nacional de Uso de Borde Costero creada por el Decreto 475 de 1994 del Ministerio de Defensa Nacional.

Adicionalmente, la Guía indica que corresponderá a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante y al Servicio Nacional de Pesca velar por el cumplimiento de la norma secundaria de calidad ambiental, de acuerdo a sus competencias. Para ello, es crítico avanzar en la definición de requerimientos para el cálculo, monitoreo y control de zonas de dilución.

Respecto de una Eventual Prohibición de Dilución del Efluente

La Resolución Exenta que aprueba el anteproyecto de la norma de descarga, establece que con el propósito de lograr una efectiva reducción de los contaminantes provenientes de la fuente emisora, no se debe usar la dilución de residuos líquidos con aguas ajenas al proceso industrial, incorporadas sólo con el fin de reducir las concentraciones (Título III, Artículo 6º).

Internacionalmente se ha aprovechado el potencial de co-localizar plantas termoeléctricas con sistemas de desalinización, práctica que permite compartir infraestructura⁶⁷, reducir el impacto del desarrollo de nuevas plantas desaladoras en sectores recreativos, y adoptar medidas que contribuyen a reducir los impactos de la descarga. Una de esas medidas consisten en la combinación de los efluentes de la central termoeléctrica con los efluentes de planta desaladora. La práctica mencionada anteriormente, permite que mediante la dilución de la salmuera se puedan reducir los

⁶⁷ La Tabla 2 presenta ciertos casos donde el volumen de descarga de la planta desaladora es mayor al volumen de agua succionado. Éstos casos corresponden a plantas de desalinización co-emplazadas con plantas de generación termoeléctricas.

efectos de la descarga en el medio ambiente. También pueden tener efectos en diluir de manera más efectiva los excesos térmicos descargados.

Asimismo, la co-localización de sistemas de generación termoeléctrica con sistemas de desalinización puede tener otros efectos que contribuyen a un desarrollo más sostenible de ambas actividades que es recomendable evaluar.

10 COMENTARIOS FINALES

En un estudio previo desarrollado para la Subsecretaría de Energía se concluyó que para el contexto chileno, donde las centrales termoeléctricas se ubican en regiones costeras, el principal desafío debiera orientarse a dar una mayor certidumbre al uso de agua de mar para la operación de sistemas de refrigeración abiertos, utilizando sistemas de protección y descarga diseñados, operados y mantenidos adecuadamente. Este mecanismo es el más apropiado en términos de lograr un aprovechamiento de un medio de refrigeración abundante y eficiente para el uso del recurso energético, tanto desde la perspectiva ambiental como económica. Lo indicado anteriormente está alineado no sólo con los objetivos de desarrollo sustentable de proyectos de generación termoeléctricos que provean energía segura y económica al país, sino también con objetivos de eficiencia energética como política de Estado, ambos definidos por el Ministerio de Energía en la Agenda de Energía.

Las exigencias relacionadas a reducir la tensión entre el uso de agua y la generación de electricidad en sistemas industriales, y particularmente en sistemas de generación termoeléctrica, son altamente dependientes del contexto. La experiencia normativa desarrollada después de más de 20 años de evaluación de los sistemas de enfriamiento en Estados Unidos y la Comunidad Europea debe ser considerada, pero manteniendo siempre la precaución de analizar esa información dentro del contexto de desarrollo de plantas termoeléctricas en Chile, el cual presenta diferencias significativas. A modo de ejemplo, del total de centrales que hacen uso de agua de mar en Estados Unidos, el 16% utiliza sistemas de captación fuera de la línea de la costa; lo que equivale sólo a un 1,5% cuando se considera el total de sistemas de captación de agua para enfriamiento instalados en ese país.

La oportunidad de emplear agua está directamente relacionada a la utilización de sistemas adecuados de protección del sistema de captación, teniendo en consideración que la función del sistema de protección no es sólo impedir el paso de objetos y organismos hidrobiológicos para proteger el proceso industrial, sino también, proteger dichos organismos de los efectos que puede causar su atrapamiento en rejillas o su arrastre hacia el interior del proceso.

En este contexto, en el Capítulo 4 se realizó un análisis de riesgo ambiental que considera los aspectos comunes en la naturaleza de la Fuente de Estrés y sus efectos en los Objetivos de Protección Ambiental para formular un modelo conceptual y genérico que posteriormente es utilizado facilitar la fundamentación del Objetivo de Protección Ambiental, las exigencias y los resultados esperados de una eventual norma.

Revisión de Normativa Chilena Respecto de Succión y Descarga

Se observó una clara necesidad de establecer requerimientos asociadas a la captación. Actualmente, los requerimientos a la captación de agua están asociados a la indicación de la directriz para la evaluación ambiental de proyectos industriales de desalación elaborada por Directemar elaborada el año 2015. Dicho documento es un avance en el contexto de lo normado en Chile respecto a materia de indicaciones de requerimientos a la captación de agua en procesos industriales

(desalación), sin embargo, contiene elementos que podrían ser mejorados, como por ejemplo: la definición de una velocidad de succión; la definición de requerimientos de monitoreo diario de velocidad de sección con registro electrónico; la definición de mejores tecnologías disponibles e implementación de buenas prácticas; y la definición de requerimientos asociados al DS 90. Este informe ha presentado en detalle distintas opciones para avanzar en mejorar dichos aspectos.

En el marco normativo vigente se observó una falta de definición de requerimientos asociados a la definición de área de influencia, que está relacionada a la definición de zonas de dilución o zonas de mezcla. El análisis de las zonas de dilución también está relacionado a la definición de estándares de calidad para el cuerpo de agua. Actualmente la guía CONAMA entrega ciertas indicaciones, pero no forman parte de una normativa que pueda ser exigible en el contexto del DS 40. Lo anterior hace que el Sistema de Evaluación Ambiental focalice la revisión a la consideración de estándares de calidad definidos a nivel internacional, que en definitiva no están asociados al contexto nacional y a los objetivos o metas de protección ambiental que se desea cumplir.

Desde el punto de vista de planificación territorial, actualmente está principalmente focalizado en la zonificación definida por la Comisión de Nacional de Uso de Borde Costero, instancia donde no está definida la participación formal del Ministerio de Energía. Dado las implicancias que el uso de agua tiene en la eficiencia de un ciclo termoeléctrico, y por consiguiente en las emisiones, no se observa en los instrumentos actuales la incorporación de la variable de disponibilidad de agua para uso en generación termoeléctrica en la evaluación de una posible zonificación.

Dado que un objetivo estratégico está asociado al desarrollo de mecanismos de coordinación entre los diversos Ministerios y Servicios con competencia sobre el borde costero, se considera necesario reforzar actividades asociadas a una mayor coordinación técnica entre organismos como Directemar, Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Energía.

Si bien el desarrollo de este estudio forma parte de un avance en esa materia, es deseable avanzar en la definición de mayores instancias de colaboración y definición de requerimientos asociados a: la planificación territorial considerando la disponibilidad de agua para uso industrial; el estudio de caracterización de emplazamientos potenciales para uso industrial; el estudio de caracterización de arrastre de organismos en instalaciones existentes; el desarrollo de normas de calidad; el desarrollo de procedimientos asociado a la definición de zonas de dilución; y la definición de políticas que favorezcan el co-emplazamiento de sistemas de desalinización con otra infraestructura industrial que utilice el Borde Costero, entre ella sistemas de generación termoeléctrica⁶⁸.

También se consideran como actividades deseables: 1) lograr un mejor entendimiento y socializar las mejores prácticas para la reducción de descargas de plantas termoeléctricas y plantas desaladoras en Chile, incluyendo la participación activa de la industria; 2) lograr un mejor

⁶⁸ Es importante destacar que el desarrollo de sistemas híbridos o el co-emplazamiento de centrales termoeléctricas con sistemas de desalinización es una práctica que tiene múltiples beneficios desde el punto de vista de desarrollo sostenible, co-aprovechamiento de infraestructura, eficiencia energética, reducción de costos de producción de agua desalada, y una eventual generación de flexibilidad en la operación del Sistema. Esta práctica se ha utilizado en Israel, países de Medio Oriente, entre otros.

entendimiento respecto de las prácticas de mantención y uso de químicos en sistemas de enfriamiento y pre-tratamiento de agua para desalinización; 3) contar con mayores antecedentes respecto de las variaciones naturales de la temperatura de ciertos cuerpos de agua de interés, entre ellos, ciertas zonas del mar; y 4) desarrollar un diagnóstico respecto a la descarga de químicos de diversas industrias con el objeto de determinar si la lista de contaminantes normados bajo el DS 90 es completa.

Respecto a la Propuesta de Norma de Succión

Se desarrolló una propuesta de regulación que, cumpliendo un objetivo de protección definido, provee de la flexibilidad necesaria a la industria para lograr el cumplimiento de distintos requerimientos. Asimismo, se consideró ciertas prácticas o definiciones de exigencias planteadas internacionalmente, cuyos principios y requerimientos han sido adaptados al contexto nacional teniendo en consideración las mejores prácticas y los desafíos que se han identificado a su implementación. Para ello se han considerado diversas recomendaciones de la Industria y Centros de Investigación. La norma propuesta y sus requerimientos se presentan en el Capítulo 7.

El planteamiento de excepciones a la propuesta de norma debe ser revisado. Debido a la necesidad de socializar preliminarmente los antecedentes y resultados que se han obtenido, actualmente no se cuenta con información suficiente sobre los impactos que la propuesta de norma tendría sobre las instalaciones industriales que utilizan agua para enfriamiento, calentamiento, desalinización o proceso industrial. Por lo tanto, podría haber un riesgo que las indicaciones propuestas impongan requerimientos inapropiados o no compatibles que podrían tener consecuencias no anticipadas sobre la operación de una o un conjunto de instalaciones industriales, o podría producir un requerimiento de control regulatorio no efectivo.

En vista de los antecedentes disponibles de la industria local, es deseable levantar información asociada a los posibles afectados de manera de determinar y cuantificar los impactos de la aplicación de la normativa y, al mismo tiempo, conocer más antecedentes para abordar situaciones particulares.

En vista de los antecedentes evaluados, se determinó que la Subsecretaría de Pesca, eventualmente en conjunto con Directemar, serían los organismos facultado actualmente para liderar el desarrollo de una normativa integral que regule el atrapamiento y arrastre de organismos hidrobiológicos en aguas territoriales superficiales y marítimas producto de la acción de procesos productivos.

Si bien el objetivo de protección y conservación ambiental está dentro del ámbito primario de acción del Ministerio de Medio Ambiente, la regulación vigente no otorga a dicho Ministerio de los instrumentos apropiados para regular de manera integral el atrapamiento y arrastre de organismos hidrobiológicos, y hacer aplicable una eventual normativa tanto a proyectos nuevos como existentes.

Consideraciones Generales Respecto de la Norma de Descarga

El enfoque de la política de aguas vigente en Chile difiere a la normativa desarrollada recientemente en Estados Unidos y la Comunidad Europea. En Europa se define el estado de calidad de los cuerpos de agua para planificar como mejorarlo o mantenerlo, y desde ahí proponer indicaciones mediante directivas. En Estados Unidos se establecen límites de emisores puntuales para diferentes categorías de industria.

Es posible identificar una ventaja clara al hecho de establecer una regulación que limite las descargas por industria o actividad específica. De esta forma se permite al regulador tener una mejor consideración de los avances tecnológicos que se desarrollan por industria. Si la regulación de descarga no es segmentada por industria, se dificulta establecer mejoras a las limitaciones de contaminantes en efluentes cuando existen evidencias objetivas de mejoras tecnológicas en una industria específica que permiten un mejor desempeño.

Adicionalmente, el considerar una regulación específica por industria también facilita la revisión de la regulación que afecta sólo a la industria que induce el mayor impacto. Mediante el hecho de contar con la facultad, y eventualmente la facilidad, de revisar la regulación que afecta sólo a las industrias que causan el mayor impacto, las otras industrias (que podrían no ser los emisores principales) tendrían la facilidad de evitar incurrir en el costo de cumplimiento.

La principal desventaja asociada al hecho de contar con una regulación específica por industria está asociada a la necesidad de recursos en términos de tiempo y presupuesto. El hecho de regular a cada fuente emisora por separada requiere que la autoridad no sólo esté informada de: los avances tecnológicos en cada proceso industrial sujeto a regulación, y los avances en tecnologías de tratamiento o gestión de contaminantes; sino también dedique tiempo para revisar periódicamente los estándares para determinar si es recomendable realizar una revisión.

El DS 90 vigente no hace consideraciones respecto a límites de temperatura estacionales. Estándares más o menos restrictivos podrían ser apropiados durante ciertas épocas del año. Cuando se tiene la intención de evaluar el impacto de descarga de aguas de refrigeración, es fundamental contar con un buen entendimiento de la variabilidad natural de la temperatura en el mar. Luego, un objetivo fundamental es contar con mayor conocimiento de la magnitud y distribución de la temperatura ambiente en las áreas de interés (variaciones entre día y noche, variaciones entre días y variación mensual). Estas variaciones determinan una línea de base a la cual los organismos están adaptados, y corresponde también a una línea de base sobre la cual se superpone la temperatura de la descarga.

Al observar la normativa y prácticas empleadas por Estados Unidos, países de la Comunidad Europea y Japón, se puede observar que la aplicación de una norma de descarga es complementada con la definición de estándares de calidad para los cuerpos de agua y la definición de procedimientos para determinar las zonas de dilución. Los requerimientos de una zona de dilución probablemente no pueden ser abordados por una norma de descarga, pero podría evaluarse su desarrollo mediante una norma o guía complementaria.

Es importante revisar los procedimientos y planes para la definición de normas secundarias de calidad. Dado el desarrollo de la industria de generación termoeléctrica, y el eventual crecimiento de la industria de desalinización y extracción de agua de mar para la minería, es crítico avanzar en la definición de norma de calidad para agua de mar.

11 ANEXO Nº 1: Encuesta I

La siguiente figura ilustra la carta tipo enviada a distintas asociaciones gremiales, entre las que se encuentra: el Consejo Minero, Corma, Chilealimentos, la Asociación Gremial de Generadoras, Asociación Gremial de Industriales Químicos en Chile, la Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas, la Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios, entre otras.


Ministerio de Energía

Carto N° 509
SANTIAGO, 14 AGO 2015

Señor
Marcelo Fuster Ros
Representante
Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas
Presente

De mi consideración,

Junto con saluda le cordialmente, le informo que la Subsecretaría de Energía con la asesoría de la consultora Inodú (<http://www.inodu.com/>), está desarrollando el estudio "Evaluación de Regulación Ambiental para Sistemas de Refrigeración de Centrales Termoeléctricas y otros Sectores que Suctionan Agua y Descargan a Cursos de Agua en sus Procesos Industriales". Este estudio es a continuación de estudio "Antecedentes técnicos, económicos, normativos y ambientales de tecnologías de centrales termoeléctricas y sus sistemas de refrigeración" que fue finalizado el 15 de Diciembre del 2014 y puede ser descargado en el siguiente link: http://www.minenergia.cl/documentos/estudios/2014/estudio_de_antecedentes_tecnicos.pdf

Con el fin de contar con la información más fidedigna y precisa posible le solicitamos a su institución que nos ayude a identificar a empresas dentro de su asociación gremial que cuenten con estructuras que retiren más de 1000 m³ de agua por día de cuya fuente el agua (frío, mar, lago, o estuario) o pozos en Chile.

Si les pide su ayuda otorgándonos los datos de contacto de las empresas que cuenten con este tipo de estructuras. Al recibir los datos de contacto, enviaremos una breve encuesta para recopilar antecedentes asociados a estas estructuras de retiro y el uso de agua. Agradecemos que pudiera contestar a más tardar el 21 de Agosto del 2015.

Las personas de contacto en el Ministerio de Energía y la consultora son respectivamente, la Sra. Carolina Gómez Aguirre, gomez@inoducol.cl, fono 23656876, profesional de la División de Desarrollo Sustentable, que en su calidad de estudio, y el Sr. Jorge Moreno, jmorenc@inodu.com, fono 25020626, jefe del proyecto mencionado, perteneciente a la consultora Inodú.

Sin otro particular, le saluda atentamente a usted,


HERNÁN MOYÁ BRUZZONE
Subsecretario de Energía (S)


MZA/NBS/CGA/mm

Distribución:

- División de Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía.
- Oficina de Partes, Ministerio de Energía.

INODU CONSULTORES
S.A. RUT 15.111.111-1
SANTO DOMINGO, CHILE
FONO: 22.22.2222 - FAX: 22.22.2222
www.inodu.com

Gobierno de Chile

Figura 24: Carta Encuesta I a Asociaciones Gremiales para Seleccionar empresas de Retiro mayor a 1000 m³/día

12 ANEXO Nº 2: Encuesta II

La siguiente encuesta fue enviada a las empresas que, de acuerdo a lo informado preliminarmente, realizar retiros por más de 1000 m³ de agua por hora.

ENCUESTA

La presente encuesta tiene como objetivo levantar información sobre el retiro y uso de agua en el sector Industrial Chileno como insumo para el estudio del Ministerio de Energía “**Propuesta de Regulación Ambiental para Sistemas de Refrigeración de Centrales Termoeléctricas y otros Sectores que Succionan Agua y Descargan a Cursos de Agua en sus Procesos Industriales**”. En particular, se abordarán los siguientes componentes:

Instrucciones

Esta encuesta se tiene que completar para cada estructura de retiro de agua que exista dentro de la empresa. Una estructura de retiro se define como lo siguiente:

Estructura de Retiro de Agua – Cualquier estructura que retire más de 1000 m³/día de agua. El agua podría ser de pozo, de un cuerpo de agua dulce como lago, río o estero, o un cuerpo de agua salada como el océano.

Información General

| |
|--|
| 1) Nombre de Empresa : _____ |
| 2) Sector Industrial de Empresa: a) Minería b) Desalinización c) Celulosa y Papel d) Agro-industria e) Generación f) Química/Petroquímica g) Siderúrgica, Metalurgia y Metalmecánica h) Servicios Sanitarios i) Terminal Gas Natural Licuado j) Bebidas k) Otro: _____ |
| 3) Número de Empleados dentro de Empresa: _____ |
| 4) Datos de contacto (persona de contacto, email, teléfono): |

| |
|--|
| |
|--|

Información Técnica

| |
|---|
| <p>5) Tipo de cuerpo de agua del cual se retira agua :</p> <ul style="list-style-type: none">a) Pozo de Aguab) Lagoc) Riod) Océanoe) Esterof) Estuariog) Otro _____ |
| <p>6) Nombre del cuerpo de agua del cual se retira el agua (río, lago u otro): _____ (No aplica en caso de pozo)</p> |
| <p>7) Tipo de estructura de retiro*:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Bombeo en Pozob) Sifónc) Canal Abiertod) Estructura en El Borde Costero (mar, río o lago)e) Estructura Sumergidaf) Otra _____ <p>*Favor de incluir una foto de la estructura de retiro.</p> |
| <p>8) Región del país en la que se encuentra estructura de retiro:</p> |
| <p>9) Capacidad de Diseño de Estructura de Retiro: _____ m³/día</p> |
| <p>10) Flujo de agua promedio anual retirado del cuerpo de agua: _____ m³/día</p> |
| <p>11) ¿Cuál es el propósito principal para el agua retirada?</p> |
| |

12) Proporción de la cantidad retirada que es utilizada para agua de enfriamiento :
_____ %

13) Si aplica, actividades Industriales que requieren enfriamiento:

- a) Generación Eléctrica
- b) Cogeneración
- c) Sistema de Frio
- d) Procesos en la línea de producción
- e) Otros _____

13 ANEXO Nº 3: Listado de centrales termoeléctricas incluidas en el catastro

| Central | Unidad | Potencia Bruta (MW) | Eficiencia | HHV / LHV | Tipo |
|-----------------|----------------|---------------------|------------|-------------|-----------------------|
| Atacama | CC1 | 378,7 | 45,5% | HHV | Ciclo Combinado |
| Atacama | CC2 | 378,7 | 45,5% | HHV | Ciclo Combinado |
| Mejillones | CTM3 | 250,3 | 44,2% | No Indicado | Ciclo Combinado |
| Nehuenco I | Nehuenco I | 380,7 | 52,5% | LHV | Ciclo Combinado |
| Nehuenco II | Nehuenco II | 386,6 | 53,6% | LHV | Ciclo Combinado |
| Nueva Renca | Nueva Renca | 379 | 43,7% | HHV | Ciclo Combinado |
| San Isidro I | San Isidro I | 377,5 | 45,6% | HHV | Ciclo Combinado |
| San Isidro II | San Isidro II | 388 | 47,4% | HHV | Ciclo Combinado |
| Tocopilla | U16 | 400 | 50,9% | HHV | Ciclo Combinado |
| Andina | CTA | 157 | 33,9% | No Indicado | Ciclo de Vapor Simple |
| Angamos | ANG1 | 272 | 34,4% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Angamos | ANG2 | 272 | 34,4% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Bocamina | Bocamina | 125 | 35,6% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Bocamina I | Bocamina II | 370 | 35,6% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Campiche | Campiche | 270 | 35,9% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Guacolda I | U1 | 152 | 37,6% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Guacolda II | U2 | 152 | 37,6% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Guacolda III | U3 | 152 | 38,7% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Guacolda IV | U4 | 152 | 38,7% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Hornitos | CTH | 158 | 34,8% | No Indicado | Ciclo de Vapor Simple |
| Mejillones | CTM1 | 154 | 35,5% | No Indicado | Ciclo de Vapor Simple |
| Mejillones | CTM2 | 166 | 36,5% | No Indicado | Ciclo de Vapor Simple |
| Nueva Tocopilla | NTO1 | 135 | 34,6% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Nueva Tocopilla | NTO2 | 135 | 34,6% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Nueva Ventanas | Nueva Ventanas | 270 | 36,1% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Santa María | Santa María | 370 | 36,4% | No Indicado | Ciclo de Vapor Simple |
| Tarapaca | CTTAR | 150 | 38,9% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Tocopilla | U12 | 85,3 | 28,0% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Tocopilla | U13 | 85,5 | 29,3% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Tocopilla | U14 | 136,4 | 31,8% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Tocopilla | U15 | 132,4 | 33,0% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Ventanas 1 | Ventanas 1 | 120 | 37,3% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |
| Ventanas 2 | Ventanas 2 | 218 | 38,6% | HHV | Ciclo de Vapor Simple |

14 ANEXO N° 4: Aspectos Normativos Vigentes en Chile

14.1 Revisión de Aspectos Regulatorios Vigentes Asociados al Ministerio de Medio Ambiente

La Ley 19300 que aprueba las Bases Generales de Medio Ambiente, modificada por la Ley 20417 de 2010 que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia de Medio Ambiente, indica que entre las funciones del Ministerio de Medio Ambiente se encuentra proponer políticas y formular planes, programas y acciones que establezcan los criterios básicos y las medidas preventivas para favorecer la recuperación y conservación de los recursos hídricos, genéticos, la flora, la fauna, los hábitats, los paisajes, ecosistemas y espacios naturales, en especial los frágiles y degradados, contribuyendo al cumplimiento de convenios internacionales de conservación de la biodiversidad.

Por su parte, el Decreto 38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente indica que corresponde a dicho Ministerio definir un programa de regulación ambiental que contenga los criterios de sustentabilidad y las prioridades programáticas en materia de políticas, planes y programas de dictación de normas de calidad ambiental y de emisión y demás instrumentos de gestión ambiental.

El programa mencionado anteriormente se debe fundamentar en antecedentes sobre el estado de la situación ambiental del país y en las evidencias de impactos ambientales nacionales y/o regionales. El programa podrá señalar los indicadores de resultado que permitan evaluar la efectividad y eficiencia de las estrategias de solución a los problemas detectados.

Para cumplir su función, el Ministerio de Medio Ambiente podrá solicitar a otros órganos competentes de la Administración del Estado, que en el contexto de este estudio corresponde al Ministerio de Energía, antecedentes para la elaboración del programa de regulación ambiental. Frente a una emergencia o necesidad sectorial, estos otros órganos competentes de la Administración del Estado podrán solicitar la inclusión de una norma en el respectivo programa de regulación ambiental.

En este contexto, es importante comprender la definición de objetivo y alcance de norma de calidad ambiental, norma de emisión, y otros instrumentos de gestión ambiental. Para ello, la Ley 19300 que aprueba la Ley sobre Bases Generales de Medio Ambiente, y el Decreto 38 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente, realizan las siguientes definiciones:

a.) Norma Primaria de Calidad Ambiental:

El Decreto 38 indica que las normas primarias de calidad ambiental establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos, permisibles de los elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población, definiendo los niveles que originan situaciones de emergencia.

Por lo tanto, en función de la caracterización anterior, una eventual propuesta de una norma cuyo propósito sea reducir el arrastre y atrapamiento de peces y otros organismos acuáticos en los sistemas de captación de agua asociados a sistemas de enfriamiento de ciertos tipos de plantas de generación de energía eléctrica y otras faenas productivas no estaría dentro del ámbito de acción de una norma primaria de calidad ambiental.

b.) Norma Secundaria de Calidad Ambiental:

El Decreto 38 indica que las normas secundarias de calidad ambiental establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza⁶⁹.

El decreto supremo que establece estas normas debe señalar el ámbito territorial de su aplicación, el que podrá ser todo el territorio de la República o una parte de él.

Los artículos 29º y 30º del Decreto 38 indican que para definir las normas secundarias de calidad ambiental se deben establecer los niveles de exposición o carencia para la protección o conservación del medio ambiente o la preservación de la naturaleza. Se indica además que para establecer las normas secundarias de calidad ambiental se deberá considerar el sistema global del medio ambiente, además de las especies y componentes del patrimonio ambiental que constituyan el sostén de las poblaciones locales.

Adicionalmente, el artículo 31º del Decreto 38 indica que se deberá considerar conjuntamente los siguientes criterios en la elaboración de una norma secundaria:

- Riesgo de alteración significativa del patrón de distribución geográfica de una especie de flora o fauna o de un determinado tipo de ecosistema nacional, especialmente de aquellos que sean únicos, escasos o representativas, que ponga en peligro su permanencia, capacidad de regeneración, evolución y desarrollo;
- Riesgo o alteración significativa en la abundancia poblacional de una especie, subespecie de flora o fauna, o de un determinado tipo de comunidad o ecosistema, que ponga en peligro su existencia en el medio ambiente;

⁶⁹ De acuerdo a la Ley 19300 para todos los efectos legales se define Conservación del Protección del Medio Ambiente, Conservación del Patrimonio Ambiental o Preservación de la Naturaleza, de la siguiente forma:

Protección del Medio Ambiente: el conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinados a mejorar el medio ambiente y a prevenir y controlar su deterioro.

Conservación del Patrimonio Ambiental: el uso y aprovechamiento racional o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración.

Preservación de la Naturaleza: el conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinadas a asegurar la mantención de las condiciones que hacen posible su evolución y el desarrollo de las especies y de los ecosistemas del país

- Riesgo o alteración de los componentes ambientales que son materia de utilización por poblaciones locales, en especial genes, especies, ecosistemas, suelo, agua y glaciares; y
- Riesgo o degradación significativa de monumentos nacionales, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Por lo tanto, en función de la caracterización anterior, una eventual propuesta de una norma cuyo propósito sea reducir el arrastre y atrapamiento de peces y otros organismos acuáticos en los sistemas de captación de agua asociados a sistemas de enfriamiento de ciertos tipos de plantas de generación de energía eléctrica y otras faenas productivas podría estar dentro del ámbito de acción de una norma secundaria de calidad ambiental en la medida que se relacione la función del sistema de captación de agua como un elemento que introduce energía al medio acuático (fluido) mediante succión de agua del medio ambiente, y mediante dicha adición de energía se inducen efectos de distinto orden en el medio acuático. Lo anterior se considera como un aspecto que podría ser necesario pero no suficiente para establecer una norma con fines de regular el atrapamiento y arrastre de organismos.

c.) Normas de Emisión:

El Decreto 38 indica que las normas de emisión son aquellas que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante⁷⁰, medida en el efluente de la fuente emisora, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, pueda constituir un riesgo a la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Las normas de emisión constituyen un instrumento de gestión ambiental que podrá utilizarse con alguno de los siguientes objetivos:

- La prevención de la contaminación o de sus efectos; o
- La mantención de la calidad ambiental de un territorio determinado, o su recuperación, en cuyo caso estarán insertas en un Plan de Descontaminación y/o de Prevención.

Las normas de emisión señalarán su ámbito territorial de aplicación. Se deberán, además, considerar las condiciones y características ambientales propias de la zona en que se aplicarán dichas normas de emisión, pudiendo utilizarse las mejores técnicas disponibles a la época de su dictación, como criterio para determinar los valores o parámetros exigibles en la norma.

El Decreto 38 no establece restricciones respecto a la posibilidad de establecer límites máximos por tipo de industria. Tampoco indica explícitamente que los límites máximos permitidos en las emisiones deben ser transvesales para todas las industrias. Por lo tanto, no se encuentra una

⁷⁰ De acuerdo a la Ley 19300 para todos los efectos legales se define contaminante como todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

restricción desde el punto de vista normativo para evaluar plantear una modificación al DS 90 para avanzar en límites específicos por tipo de actividad industrial.

Por lo tanto, en función de la caracterización anterior, una eventual propuesta de una norma cuyo propósito sea reducir el arrastre y atrapamiento de peces y otros organismos acuáticos en los sistemas de captación de agua asociados a sistemas de enfriamiento de ciertos tipos de plantas de generación de energía eléctrica y otras faenas productivas no estaría dentro del ámbito de acción estricto de una norma de emisión.

Por otra parte, el perfeccionamiento de los aspectos regulatorios relacionados a mejorar las exigencias y/o definiciones asociadas a las descargas líquidas industriales naturalmente está dentro del ámbito de una norma de Emisión, particularmente el DS 90 que establece la norma de emisión de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

d.) Plan de Manejo de Recursos Naturales:

Exigencia planteada por el Ministerio de Medio Ambiente conjuntamente con el organismo público encargado por ley de regular el uso o aprovechamiento de recursos naturales en un área determinada con el fin de asegurar su conservación.

El artículo 42º de la Ley 19300 indica que los planes de manejo incluirán, entre otras, las siguientes consideraciones ambientales:

- Mantención de caudales de aguas y conservación de suelos;
- Mantención del valor paisajístico, y
- Protección de especies clasificadas según lo dispuesto en el artículo 37

Según la Ley, lo indicado anteriormente es sin perjuicio de lo establecido en otros cuerpos legales, sobre planes de manejo de recursos naturales renovables, y *no se aplicará a aquellos proyectos o actividades respecto de los cuales se hubiere aprobado un Estudio o una Declaración de Impacto Ambiental.*

Por lo tanto, en función de la caracterización anterior, una eventual propuesta de una norma cuyo propósito sea reducir el arrastre y atrapamiento de peces y otros organismos acuáticos en los sistemas de captación de agua asociados a sistemas de enfriamiento de ciertos tipos de plantas de generación de energía eléctrica y otras faenas productivas podría estar dentro del ámbito de acción de un plan de manejo de recursos naturales, sin embargo, su aplicación no sería extensiva a aquellos proyectos o actividades respecto de los cuales ya se hubiera aprobado un Estudio o una Declaración de Impacto Ambiental.

e.) Plan de Prevención y Descontaminación:

Corresponden a un decreto supremo del Ministerio de Medio Ambiente que define, de acuerdo al alcance definido en el artículo 45º de la Ley 19300, los planes de prevención o de descontaminación de cumplimiento obligatorio en las zonas calificadas como latentes o saturadas.

Por lo tanto, en función de la caracterización anterior, la propuesta de una norma cuyo propósito sea reducir el arrastre y atrapamiento de peces y otros organismos acuáticos en los sistemas de captación de agua asociados a sistemas de enfriamiento de ciertos tipos de plantas de generación de energía eléctrica y otras faenas productivas no estaría dentro del ámbito de acción de un plan de prevención y descontaminación. Para que se pueda aplicar una norma en este contexto tendría que desarrollarse una norma secundaria de calidad ambiental.

Es importante notar que en caso que se desarrolle una normativa secundaria de calidad ambiental, un plan de descontaminación podría contribuir a definir requerimientos para mejorar los parámetros que estén alterados. Sin embargo, actualmente la normativa no se hace cargo respecto de las posibles interacciones que hay entre distintas industrias en el caso que se identifique más de una industria que contribuya a la alteración del parámetro identificado, particularmente respecto a la metodología para asignar los esfuerzos necesarios para lograr los objetivos de descontaminación.

Comentario Final Respecto a la Normativa Ambiental Vigente

En el contexto de la normativa medio ambiental revisada, y de la problemática asociada a captación y descarga de agua de plantas termoeléctricas, dado que:

- a.) una norma secundaria de calidad ambiental permitiría definir la cantidad máxima de energía en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza; y
- b.) una norma de descarga permite definir la cantidad máxima permitida de energía, medida en el efluente de la fuente emisora, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, pueda constituir un riesgo a la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Se considera importante definir qué se entiende por energía en un fluido. De acuerdo a Fernandez (2000), en un fluido, como medio continuo, se pueden definir propiedades intensivas y extensivas. Las propiedades intensivas no dependen de la cantidad de materia involucrada, y corresponden a temperatura, humedad, color, presión, elasticidad, entre otras. Las propiedades extensivas dependen de la cantidad de materia que se considere, y corresponden, entre otras, a calor, peso, masa, energía, entre otras⁷¹. La energía en un fluido está formada por la suma de energía potencial, cinética e interna. Estas formas de energía se pueden evaluar de acuerdo a las siguientes expresiones:

| Tipo de energía | Energía para un elemento de masa m | Energía específica (por unidad de masa) |
|------------------------|---|--|
| Potencial | $m * g * z$ | $g * z$ |
| Cinética | $m * v^2 / 2$ | $v^2 / 2$ |

⁷¹ Bonifacio 2000 indica que en la práctica muchas veces interesa asignar a un punto una propiedad de tipo extensiva, de manera que esa propiedad sea cuantitativamente independiente de la cantidad de materia. Para ello se divide la propiedad por la cantidad de materia involucrada y se le agrega el calificativo de “específica.”

| | | |
|---------|----------------|--------|
| Interna | $m \cdot u(T)$ | $u(T)$ |
|---------|----------------|--------|

Siendo m la masa del elemento, T la temperatura en que el elemento se encuentra en un instante, z la altura a la que se encuentra el elemento, v la velocidad a la que se desplaza el elemento, y $u(T)$ una función de la temperatura absoluta del elemento.

Por lo tanto, para definir la cantidad máxima permitida de energía en el fluido de captación y/o descarga, se podría revisar sus condiciones de temperatura y/o velocidad, y la cantidad de masa asociada a dicha captación y/o descarga. En el caso de Decreto 90 vigente, para la descarga sólo se define temperatura en el efluente.

14.2 Revisión de Aspectos Regulatorios Asociados al Ministerio de Energía

Adicionalmente, en el contexto de la institucionalidad energética vigente en Chile, y a petición de la Subsecretaría de Energía, se analizó la posibilidad de asociar una **Norma Técnica** al desafío de regulación de sistemas de captación de plantas termoeléctricas. Al respecto, la Ley 20402 que crea el Ministerio de Energía, indica que le corresponde a la Comisión Nacional de Energía fijar las normas técnicas y de calidad indispensables para el funcionamiento y la operación de las instalaciones energéticas, en los casos que señala la Ley; esto es en aquellas materias relacionadas a disponer de un servicio suficiente⁷², seguro⁷³ y de calidad⁷⁴, compatible con la operación más económica.

Por lo tanto, la propuesta de una norma técnica cuyo propósito sea reducir el arrastre y atrapamiento de peces y otros organismos acuáticos en los sistemas de captación de agua asociados a sistemas de enfriamiento de ciertos tipos de plantas de generación de energía eléctrica no estaría dentro del ámbito de acción de una norma técnica definida por la Comisión Nacional de Energía.

⁷² De acuerdo al DFL 4, la *Suficiencia* es el atributo de un sistema eléctrico cuyas instalaciones son adecuadas para abastecer la demanda.

⁷³ De acuerdo al DFL 4, *Seguridad de Servicio* es la capacidad de respuesta de un sistema eléctrico, o parte de él, para soportar contingencias y minimizar la pérdida de consumos, a través de respaldos y de servicios complementarios.

⁷⁴ De acuerdo al DFL 4, *Calidad de Suministro* tiene relación con la componente de calidad de servicio que permite calificar el suministro entregado por los distintos agentes del sistema eléctrico y que se caracteriza, entre otros, por la frecuencia, la profundidad y la duración de las interrupciones de suministro.

Asimismo, la *Calidad de Servicio* corresponde al atributo de un sistema eléctrico determinado conjuntamente por la calidad de producto, la calidad de suministro y la calidad de servicio comercial, entregado a sus distintos usuarios y clientes.

La *Calidad de Producto* corresponde a la componente de calidad de servicio que permite calificar el producto entregado por los distintos agentes del sistema eléctrico y que se caracteriza, entre otros, por la magnitud, la frecuencia y la contaminación de la tensión instantánea de suministro.

14.3 Revisión de Aspectos Regulatorios Asociados al Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

De acuerdo al DFL Nº 5 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca; que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Decreto con Fuerza de Ley 34, de 1931, que legisla sobre la industria pesquera y sus derivados; la acción del referido Ministerio está *“encaminada a promover el desarrollo del sector pesquero nacional, la protección, conservación y aprovechamiento integral de los recursos hidrobiológicos y del ambiente acuático del país.”* Para ello, el Artículo 14º define entre las funciones del Ministerio la acción de:

- e.) Planificar y coordinar la política pesquera nacional e impartir las instrucciones generales de carácter obligatorio para su cumplimiento.
- f.) Adoptar medidas para evitar la introducción y propagación dentro del territorio nacional de enfermedades que afecten los recursos hidrobiológicos marinos y continentales y para combatir las existentes.
- g.) Aplicar las leyes y reglamentos sobre pesca y caza marítima, y
- h.) Dictar resoluciones respecto de la asignación de fondos que la Ley de Presupuestos destine a la Subsecretaría de Pesca para proyectos de investigación pesquera.

Por su parte, el Artículo 17º define entre las funciones del Subsecretario de Pesca el *“proponer al Ministerio las normas de protección, de control y de aprovechamiento racional de los recursos hidrobiológicos disponibles y de su medio.”* En este contexto, según el Artículo 18º corresponde a la División de Administración Pesquera la acción de *“proponer y evaluar las normas y medidas de administración, y de protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente.”*

La Ley General de Pesca y Acuicultura, Ley Nº 18.892 de 1989 y sus modificaciones, establece que el Estado de Chile tiene *“el derecho de regular la exploración, explotación, conservación y administración de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas”* (Artículo 1ºA). Además, en el Artículo 1ºB se indica que el objetivo de la Ley es *“la conservación y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio, de un enfoque ecosistémico en la regulación pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recursos.”*

En el Título IV, Párrafo 1º, se indican los requerimientos para definir el régimen de acceso y las atribuciones para la conservación de recursos hidrobiológicos. Particularmente, el artículo 47º reserva a la pesca artesanal *“el ejercicio de las actividades pesqueras extractivas no sólo en una franja del mar territorial de cinco millas marinas medidas desde las líneas de base normales⁷⁵, sino también en la playa de mar y en las aguas interiores del país.”* Además, indica: *“La extracción de*

⁷⁵ Línea de base normal: línea de bajamar de la costa del territorio continental e insular de la República. En los lugares en que la costa tenga profundas aberturas y escotaduras, o en los que haya una franja de islas a lo largo de la costa situada en su proximidad inmediata, podrá adoptarse, de conformidad al Derecho Internacional, como método para trazar la línea de base desde la que ha de medirse el mar territorial, el de líneas de base rectas que unan los puntos apropiados.

recursos hidrobiológicos que se encuentran dentro de las aguas interiores⁷⁶ son de exclusividad, en dicha área, de los pescadores artesanales inscritos en las pesquerías que correspondan.”

Por lo tanto, dado que los sistemas de captación de agua de centrales termoeléctrica, bajo condiciones particulares de diseño y operación, podrían afectar la conservación, sustentabilidad y salvaguarda de ecosistemas acuáticos, en vista de los antecedentes presentados, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura estaría facultada para plantear una normativa sectorial con la finalidad de proteger la integridad de las especies hidrobiológicas y sus ecosistemas, particularmente los recursos hidrobiológicos, para minimizar el riesgo ambiental derivado de la captación de agua que realizan instalaciones industriales en aguas marítimas y terrestres.

14.4 Revisión de Aspectos Regulatorios Asociados al Ministerio de Defensa

El Decreto 475 de 1994 del Ministerio de Defensa Nacional establece una Política Nacional de uso del borde costero, indicando que es preocupación prioritaria del Gobierno *“lograr un desarrollo armónico del territorio, procurando el mejor uso de sus potencialidades y recursos, para el logro de mejores condiciones de vida para la población”*; e indica que es un *“deber ineludible y un derecho del Estado propender a un adecuado uso del borde costero del litoral que, entre otras materias, favorezca tal desarrollo.”*

De la misma forma, se indica que los espacios asociados al borde costero son *“un recurso limitado, que permite múltiples usos, en algunos casos exclusivos y excluyentes, y en otros, compatibles entre sí, lo que hace necesario definir el mejor empleo del mismo, a fin de procurar un aprovechamiento integral y coherente de los recursos, riquezas y posibilidades que ellos contienen y generan.”*

También se indica que la Política Nacional de uso del borde costero nace de la necesidad de *“establecer un marco orgánico que permita el mejor aprovechamiento de los amplios espacios marítimos y terrestres del borde costero del litoral, fijando para ello los elementos indispensables que posibiliten un desarrollo armónico e integral del sector, en el cual, respetándose los derechos de los particulares y sus intereses, se concilien éstos con las necesidades de la comunidad y del país.”*

Finalmente, entre los objetivos generales de la política de uso de borde costero, se define, entre otros:

- *“Propender a la protección y conservación del medio ambiente marítimo, terrestre y aéreo, acorde con las necesidades de desarrollo y las demás políticas fijadas sobre tales materias.*
- *Propender a una adecuada compatibilización de las múltiples actividades que se realizan o puedan realizarse en el Borde Costero.*

⁷⁶ Aguas interiores: son aquellas aguas situadas al interior de la línea de base del mar territorial.

- Posibilitar y orientar el desarrollo equilibrado de las diferentes actividades, desde una perspectiva nacional, acorde con los intereses regionales, locales y sectoriales.”

15 ANEXO Nº 5: Otras Secciones Relevantes de la Norma 316(b)

a.) 40 CFR Sección § 125.92: Special Definitions

In addition to the definitions provided in 40 CFR 122.2, the following special definitions apply to this subpart:

- (a) *Actual Intake Flow (AIF)* means the average volume of water withdrawn on an annual basis by the cooling water intake structures over the past three years. After October 14, 2019, *Actual Intake Flow* means the average volume of water withdrawn on an annual basis by the cooling water intake structures over the previous five years. Actual intake flow is measured at a location within the *cooling water intake structure* that the Director deems appropriate. The calculation of actual intake flow includes days of zero flow. AIF does not include flows associated with emergency and fire suppression capacity.
- (b) *All life stages of fish and shellfish* means eggs, larvae, juveniles, and adults. It does not include members of the infraclass Cirripedia in the subphylum Crustacea (barnacles), green mussels (*Perna viridis*), or zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). The Director may determine that all life stages of fish and shellfish does not include other specified nuisance species.
- (c) *Closed-cycle recirculating system* means a system designed and properly operated using minimized make-up and blowdown flows withdrawn from a water of the United States to support contact or non-contact cooling uses within a facility, or a system designed to include certain impoundments. A closed-cycle recirculating system passes cooling water through the condenser and other components of the cooling system and reuses the water for cooling multiple times.
 - (1) *Closed-cycle recirculating system* includes a facility with wet, dry, or hybrid cooling towers, a system of impoundments that are not waters of the United States, or any combination thereof. A properly operated and maintained closed-cycle recirculating system withdraws new source water (make-up water) only to replenish losses that have occurred due to blowdown, drift, and evaporation. If waters of the United States are withdrawn for purposes of replenishing losses to a closed-cycle recirculating system other than those due to blowdown, drift, and evaporation from the cooling system, the Director may determine a cooling system is a closed-cycle recirculating system if the facility demonstrates to the satisfaction of the Director that make-up water withdrawals attributed specifically to the cooling portion of the cooling system have been minimized.
 - (2) *Closed-cycle recirculating system* also includes a system with impoundments of waters of the U.S. where the impoundment was constructed prior to October 14, 2014 and created for the purpose of serving as part of the cooling water system as documented in the project purpose statement for any required Clean Water Act section 404 permit obtained to construct the impoundment. In the case of an impoundment whose construction pre-dated the CWA requirement to obtain a section 404 permit, documentation of the project's purpose must be demonstrated to the satisfaction of the Director. This documentation could be some other license or permit obtained to lawfully construct the impoundment for the purposes of a cooling water system, or other such evidence as the Director finds necessary. For impoundments constructed in uplands or not in waters of the United States, no documentation of a section 404 or other permit is required. If waters of the

United States are withdrawn for purposes of replenishing losses to a closed-cycle recirculating system other than those due to blowdown, drift, and evaporation from the cooling system, the Director may determine a cooling system is a closed-cycle recirculating system if the facility demonstrates to the satisfaction of the Director that make-up water withdrawals attributed specifically to the cooling portion of the cooling system have been minimized.

- (d) *Contact cooling water* means water used for cooling which comes into direct contact with any raw material, product, or byproduct. Examples of contact cooling water may include but are not limited to quench water at facilities, cooling water in a cracking unit, and cooling water directly added to food and agricultural products processing.
- (e) *Cooling water* means water used for contact or non-contact cooling, including water used for equipment cooling, evaporative cooling tower makeup, and dilution of effluent heat content. The intended use of the cooling water is to absorb waste heat rejected from the process or processes used, or from auxiliary operations on the facility's premises. Cooling water obtained from a public water system, reclaimed water from wastewater treatment facilities or desalination plants, treated effluent from a manufacturing facility, or cooling water that is used in a manufacturing process either before or after it is used for cooling as process water, is not considered cooling water for the purposes of calculating the percentage of a facility's intake flow that is used for cooling purposes in § 125.91(a)(3).
- (f) *Cooling water intake structure* means the total physical structure and any associated constructed waterways used to withdraw cooling water from waters of the United States. The cooling water intake structure extends from the point at which water is first withdrawn from waters of the United States up to, and including the intake pumps.
- (g) *Design intake flow (DIF)* means the value assigned during the cooling water intake structure design to the maximum instantaneous rate of flow of water the cooling water intake system is capable of withdrawing from a source waterbody. The facility's DIF may be adjusted to reflect permanent changes to the maximum capabilities of the cooling water intake system to withdraw cooling water, including pumps permanently removed from service, flow limit devices, and physical limitations of the piping. DIF does not include values associated with emergency and fire suppression capacity or redundant pumps (i.e., back-up pumps).
- (h) *Entrainment* means any life stages of fish and shellfish in the intake water flow entering and passing through a cooling water intake structure and into a cooling water system, including the condenser or heat exchanger. Entrainable organisms include any organisms potentially subject to *entrainment*. For purposes of this subpart, *entrainment* excludes those organisms that are collected or retained by a sieve with maximum opening dimension of 0.56 inches. Examples of sieves meeting this definition include but are not limited to a 3/8 inch square mesh, or a 1/2 by 1/4 inch mesh. A facility must use the same mesh size when counting entrainment as is used when counting impingement.
- (i) *Entrainment mortality* means death as a result of entrainment through the cooling water intake structure, or death as a result of exclusion from the cooling water intake structure by fine mesh screens or other protective devices intended to prevent the passage of entrainable organisms through the cooling water intake structure.
- (j) *Entrapment* means the condition where impingeable fish and shellfish lack the means to escape the cooling water intake. *Entrapment* includes but is not limited to: Organisms caught in the bucket of a traveling screen and unable to reach a fish return; organisms caught in the forebay of a cooling water intake system without any means of being returned to the source waterbody without experiencing mortality; or cooling water intake

systems where the velocities in the intake pipes or in any channels leading to the forebay prevent organisms from being able to return to the source waterbody through the intake pipe or channel.

- (k) *Existing facility* means any facility that commenced construction as described in 40 CFR 122.29(b)(4) on or before January 17, 2002 (or July 17, 2006 for an offshore oil and gas extraction facility) and any modification of, or any addition of a unit at such a facility. A facility built adjacent to another facility would be a new facility while the original facility would remain as an existing facility for purposes of this subpart. A facility cannot both be an existing facility and a new facility as defined at § 125.83.
- (l) *Flow reduction* means any modification to a cooling water intake structure or its operation that serves to reduce the volume of cooling water withdrawn. Examples include, but are not limited to, variable speed pumps, seasonal flow reductions, wet cooling towers, dry cooling towers, hybrid cooling towers, unit closures, or substitution for withdrawals by reuse of effluent from a nearby facility.
- (m) *Fragile species* means those species of fish and shellfish that are least likely to survive any form of impingement. For purposes of this subpart, *fragile species* are defined as those with an impingement survival rate of less than 30 percent, including but not limited to alewife, American shad, Atlantic herring, Atlantic long-finned squid, Atlantic menhaden, bay anchovy, blueback herring, bluefish, butterfish, gizzard shad, grey snapper, hickory shad, menhaden, rainbow smelt, round herring, and silver anchovy.
- (n) *Impingement* means the entrapment of any life stages of fish and shellfish on the outer part of an intake structure or against a screening device during periods of intake water withdrawal. For purposes of this subpart, *impingement* includes those organisms collected or retained on a sieve with maximum distance in the opening of 0.56 inches, and excludes those organisms that pass through the sieve. Examples of sieves meeting this definition include but are not limited to a 3/8 inch square mesh, or a 1/2 by 1/4 inch mesh. This definition is intended to prevent the conversion of entrainable organisms to counts of impingement or impingement mortality. The owner or operator of a facility must use a sieve with the same mesh size when counting entrainment as is used when counting impingement.
- (o) *Impingement mortality (IM)* means death as a result of impingement. Impingement mortality also includes organisms removed from their natural ecosystem and lacking the ability to escape the cooling water intake system, and thus subject to inevitable mortality.
- (p) *Independent supplier* means an entity, other than the regulated facility, that owns and operates its own cooling water intake structure and directly withdraws water from waters of the United States. The supplier provides the cooling water to other facilities for their use, but may itself also use a portion of the water. An entity that provides potable water to residential populations (e.g., public water system) is not a supplier for purposes of this subpart.
- (q) *Latent mortality* means the delayed mortality of organisms that were initially alive upon being impinged or entrained but that do not survive the delayed effects of impingement and entrainment during an extended holding period. Delayed effects of impingement and entrainment include but are not limited to temperature change, physical stresses, and chemical stresses.
- (r) *Minimize* means to reduce to the smallest amount, extent, or degree reasonably possible.
- (s) *Modified traveling screen* means a traveling water screen that incorporates measures protective of fish and shellfish, including but not limited to: Screens with collection buckets or equivalent mechanisms designed to minimize turbulence to aquatic life; addition of a guard rail or barrier to prevent loss of fish from the collection system; replacement of screen panel materials with smooth woven mesh, drilled mesh, molded

mesh, or similar materials that protect fish from descaling and other abrasive injury; continuous or near-continuous rotation of screens and operation of fish collection equipment to ensure any impinged organisms are recovered as soon as practical; a low pressure wash or gentle vacuum to remove fish prior to any high pressure spray to remove debris from the screens; and a fish handling and return system with sufficient water flow to return the fish directly to the source water in a manner that does not promote predation or re-impingement of the fish, or require a large vertical drop. The Director may approve of fish being returned to water sources other than the original source water, taking into account any recommendations from the Services with respect to endangered or threatened species. Examples of *modified traveling screens* include, but are not limited to: Modified Ristroph screens with a fish handling and return system, dual flow screens with smooth mesh, and rotary screens with fish returns or vacuum returns.

- (t) *Moribund* means dying; close to death.
- (u) *New unit* means a new “stand- alone” unit at an existing facility where construction of the new unit begins after October 14, 2014 and that does not otherwise meet the definition of a new facility at § 125.83 or is not otherwise already subject to subpart I of this part. A stand-alone unit is a separate unit that is added to a facility for either the same general industrial operation or another purpose. A new unit may have its own dedicated cooling water intake structure, or the new unit may use an existing or modified cooling water intake structure.
- (v) *Offshore velocity cap* means a velocity cap located a minimum of 800 feet from the shoreline. A velocity cap is an open intake designed to change the direction of water withdrawal from vertical to horizontal, thereby creating horizontal velocity patterns that result in avoidance of the intake by fish and other aquatic organisms. For purposes of this subpart, the velocity cap must use bar screens or otherwise exclude marine mammals, sea turtles, and other large aquatic organisms.
- (w) *Operational measure* means a modification to any operation that serves to minimize impact to all life stages of fish and shellfish from the cooling water intake structure. Examples of *operational measures* include, but are not limited to, more frequent rotation of traveling screens, use of a low pressure wash to remove fish prior to any high pressure spray to remove debris, maintaining adequate volume of water in a fish return, and debris minimization measures such as air sparging of intake screens and/or other measures taken to maintain the design intake velocity.
- (x) *Social benefits* means the increase in social welfare that results from taking an action. Social benefits include private benefits and those benefits not taken into consideration by private decision makers in the actions they choose to take, including effects occurring in the future. Benefits valuation involves measuring the physical and biological effects on the environment from the actions taken. Benefits are generally treated one or more of three ways: A narrative containing a qualitative discussion of environmental effects, a quantified analysis expressed in physical or biological units, and a monetized benefits analysis in which dollar values are applied to quantified physical or biological units. The dollar values in a social benefits analysis are based on the principle of willingness-to-pay (WTP), which captures monetary benefits by measuring what individuals are willing to forgo in order to enjoy a particular benefit. Willingness-to-pay for nonuse values can be measured using benefits transfer or a stated preference survey.
- (y) *Social costs* means costs estimated from the viewpoint of society, rather than individual stakeholders. Social cost represents the total burden imposed on the economy; it is the sum of all opportunity costs incurred associated with taking actions. These opportunity costs consist of the value lost to society of all the goods and services that will not be produced and consumed as a facility complies with permit requirements, and

society reallocates resources away from other production activities and towards minimizing adverse environmental impacts.

b.) 40 CFR Sección § 125.98: Director Requirements

- (a) *Permit application.* The Director must review the materials submitted by the applicant under 40 CFR 122.21(r) for completeness pursuant to 40 CFR 122.21(e) at the time of initial permit application and any application for a subsequent permit.
- (b) *Permitting requirements.* Section 316(b) requirements are implemented through an NPDES permit. Based on the information submitted in the permit application, the Director must determine the requirements and conditions to include in the permit.
 - (1) Such permits, including permits with alternative requirements under paragraph (b)(7) of this section, must include the following language as a permit condition: “Nothing in this permit authorizes take for the purposes of a facility’s compliance with the Endangered Species Act.”
 - (2) In the case of any permit issued after July 14, 2018, at a minimum, the permit must include conditions to implement and ensure compliance with the impingement mortality standard at § 125.94(c) and the entrainment standard at § 125.94(d), including any measures to protect Federally-listed threatened and endangered species and designated critical habitat required by the Director. In addition, the permit must include conditions, management practices and operational measures necessary to ensure proper operation of any technology used to comply with the impingement mortality standard at § 125.94(c) and the entrainment standard at § 125.94(d). Pursuant to § 125.94(g), the permit may include additional control measures, monitoring requirements, and reporting requirements that are designed to minimize incidental take, reduce or remove more than minor detrimental effects to Federally-listed species and designated critical habitat, or avoid jeopardizing Federally-listed species or destroying or adversely modifying designated critical habitat (e.g. prey base). Such control measures, monitoring requirements, and reporting requirements may include measures or requirements identified by the U.S. Fish and Wildlife Service and/or the National Marine Fisheries Service during the 60 day review period pursuant to § 125.98(h) or the public notice and comment period pursuant to 40 CFR 124.10. The Director may include additional permit requirements if:
 - (i) Based on information submitted to the Director by any fishery management agency or other relevant information, there are migratory or sport or commercial species subject to entrainment that may be directly or indirectly affected by the cooling water intake structure; or
 - (ii) It is determined by the Director, based on information submitted by any fishery management agencies or other relevant information, that operation of the facility, after meeting the entrainment standard of this section, would still result in undesirable cumulative stressors to Federally-listed and proposed, threatened and endangered species, and designated and proposed critical habitat.
 - (3) At a minimum, the permit must require the permittee to monitor as required at §§ 125.94 and 125.96.
 - (4) At a minimum, the permit must require the permittee to report and keep the records specified at § 125.97.
 - (5) After October 14, 2014, in the case of any permit issued before July 14, 2018 for which the Director, pursuant to § 125.95(a)(2), has established an alternate schedule for submission of the information required by 40 CFR 122.21(r), the Director may include permit conditions to ensure that, for any subsequent permit, the Director will have all the information required by 40 CFR 122.21(r) necessary to establish impingement

mortality and entrainment BTA requirements under § 125.94(c) and (d). In addition, the Director must establish interim BTA requirements in the permit based on the Director's best professional judgment on a site-specific basis in accordance with § 125.90(b) and 40 CFR 401.14.

- (6) In the case of any permit issued after October 14, 2014, and applied for before October 14, 2014, the Director may include permit conditions to ensure that the Director will have all the information under 40 CFR 122.21(r) necessary to establish impingement mortality and entrainment BTA requirements under § 125.94(c) and (d) for the subsequent permit. The Director must establish interim BTA requirements in the permit on a site-specific basis based on the Director's best professional judgment in accordance with § 125.90(b) and 40 CFR 401.14.
- (7) For new units at existing facilities, the Director may establish alternative requirements if the data specific to the facility indicate that compliance with the requirements of § 125.94(e)(1) or (2) for each new unit would result in compliance costs wholly out of proportion to the costs EPA considered in establishing the requirements at issue, or would result in significant adverse impacts on local air quality, significant adverse impacts on local water resources other than impingement or entrainment, or significant adverse impacts on local energy markets:
 - (i) The alternative requirements must achieve a level of performance as close as practicable to the requirements of § 125.94(e)(1);
 - (ii) The alternative requirements must ensure compliance with these regulations, other provisions of the Clean Water Act, and State and Tribal law;
 - (iii) The burden is on the owner or operator of the facility requesting the alternative requirement to demonstrate that alternative requirements should be authorized for the new unit.
- (8) The Director may require additional measures such as seasonal deployment of barrier nets, to protect shellfish.
- (c) *Compliance schedule.* When the Director establishes a schedule of requirements under § 125.94(b), the schedule must provide for compliance with § 125.94(c) and (d) as soon as practicable. When establishing a schedule for electric power generating facilities, the Director should consider measures to maintain adequate energy reliability and necessary grid reserve capacity during any facility outage. These may include establishing a staggered schedule for multiple facilities serving the same localities. The Director may confer with independent system operators and state public utility regulatory agencies when establishing a schedule for electric power generating facilities. The Director may determine that extenuating circumstances (e.g., lengthy scheduled outages, future production schedules) warrant establishing a different compliance date for any manufacturing facility.
- (d) *Supplemental Technologies and Monitoring.* The Director may require additional technologies for protection of fragile species, and may require additional monitoring of species of fish and shellfish not already required under § 125.95(c). The Director may consider data submitted by other interested parties. The Director may also require additional study and monitoring if a threatened or endangered species has been identified in the vicinity of the intake.
- (e) *Impingement technology performance optimization study.* The owner or operator of a facility that chooses to comply with § 125.94(c)(5) or (6) must demonstrate in its *impingement technology performance optimization study* that the operation of its impingement reduction technology has been optimized to minimize impingement mortality of non-fragile species. The Director may request further data collection

and information as part of the *impingement technology performance optimization study*, including extending the study period beyond two years. The Director may also consider previously collected biological data and performance reviews as part of the study. The Director must include in the permit verifiable and enforceable permit conditions that ensure the modified traveling screens or other systems of technologies will perform as demonstrated. The Director may waive all or part of the *impingement technology performance optimization study* at 40 CFR 122.21(r)(6) after the first permit cycle wherein the permittee is deemed in compliance with § 125.94(c).

- (f) *Site-specific entrainment requirements.* The Director must establish site-specific requirements for entrainment after reviewing the information submitted under 40 CFR 122.21(r) and § 125.95. These entrainment requirements must reflect the Director's determination of the maximum reduction in entrainment warranted after consideration of factors relevant for determining the best technology available for minimizing adverse environmental impact at each facility. These entrainment requirements may also reflect any control measures to reduce entrainment of Federally-listed threatened and endangered species and designated critical habitat (e.g. prey base). The Director may reject an otherwise available technology as a basis for entrainment requirements if the Director determines there are unacceptable adverse impacts including impingement, entrainment, or other adverse effects to Federally-listed threatened or endangered species or designated critical habitat. Prior to any permit reissuance after July 14, 2018, the Director must review the performance of the facility's installed entrainment technology to determine whether it continues to meet the requirements of § 125.94(d).
 - (1) The Director must provide a written explanation of the proposed entrainment determination in the fact sheet or statement of basis for the proposed permit under 40 CFR 124.7 or 124.8. The written explanation must describe why the Director has rejected any entrainment control technologies or measures that perform better than the selected technologies or measures, and must reflect consideration of all reasonable attempts to mitigate any adverse impacts of otherwise available better performing entrainment technologies.
 - (2) The proposed determination in the fact sheet or statement of basis must be based on consideration of any additional information required by the Director at § 125.98(i) and the following factors listed below. The weight given to each factor is within the Director's discretion based upon the circumstances of each facility.
 - (i) Numbers and types of organisms entrained, including, specifically, the numbers and species (or lowest taxonomic classification possible) of Federally-listed, threatened and endangered species, and designated critical habitat (e.g., prey base);
 - (ii) Impact of changes in particulate emissions or other pollutants associated with entrainment technologies;
 - (iii) Land availability in as much as it relates to the feasibility of entrainment technology;
 - (iv) Remaining useful plant life; and
 - (v) Quantified and qualitative social benefits and costs of available entrainment technologies when such information on both benefits and costs is of sufficient rigor to make a decision.
 - (3) The proposed determination in the fact sheet or statement of basis may be based on consideration of the following factors to the extent the applicant submitted information under 40 CFR 122.21(r) on these factors:
 - (i) Entrainment impacts on the waterbody;
 - (ii) Thermal discharge impacts;

- (iii) Credit for reductions in flow associated with the retirement of units occurring within the ten years preceding October 14, 2014;
 - (iv) Impacts on the reliability of energy delivery within the immediate area;
 - (v) Impacts on water consumption; and
 - (vi) Availability of process water, gray water, waste water, reclaimed water, or other waters of appropriate quantity and quality for reuse as cooling water.
- (4) If all technologies considered have social costs not justified by the social benefits, or have unacceptable adverse impacts that cannot be mitigated, the Director may determine that no additional control requirements are necessary beyond what the facility is already doing. The Director may reject an otherwise available technology as a BTA standard for entrainment if the social costs are not justified by the social benefits.
- (g) *Ongoing permitting proceedings.* In the case of permit proceedings begun prior to October 14, 2014 whenever the Director has determined that the information already submitted by the owner or operator of the facility is sufficient, the Director may proceed with a determination of BTA standards for impingement mortality and entrainment without requiring the owner or operator of the facility to submit the information required in 40 CFR 122.21(r). The Director's BTA determination may be based on some or all of the factors in paragraphs (f)(2) and (3) of this section and the BTA standards for impingement mortality at § 125.95(c). In making the decision on whether to require additional information from the applicant, and what BTA requirements to include in the applicant's permit for impingement mortality and site-specific entrainment, the Director should consider whether any of the information at 40 CFR 122.21(r) is necessary.
- (h) The Director must transmit all permit applications for facilities subject to this subpart to the appropriate Field Office of the U.S. Fish and Wildlife Service and/or Regional Office of the National Marine Fisheries Service upon receipt for a 60 day review prior to public notice of the draft or proposed permit. The Director shall provide the public notice and an opportunity to comment as required under 40 CFR 124.10 and must submit a copy of the fact sheet or statement of basis (for EPA- issued permits), the permit application (if any) and the draft permit (if any) to the appropriate Field Office of the U.S. Fish and Wildlife Service and/or Regional Office of the National Marine Fisheries Service. This includes notice of specific cooling water intake structure requirements at § 124.10(d)(1)(ix) of this chapter, notice of the draft permit, and any specific information the Director has about threatened or endangered species and critical habitat that are or may be present in the action area, including any proposed control measures and monitoring and reporting requirements for such species and habitat.
- (i) Additional information. In implementing the Director's responsibilities under the provisions of this subpart, the Director is authorized to inspect the facility and to request additional information needed by the Director for determining permit conditions and requirements, including any additional information from the facility recommended by the Services upon review of the permit application under paragraph (h) of this section.
- (j) Nothing in this subpart authorizes the take, as defined at 16 U.S.C. 1532(19), of threatened or endangered species of fish or wildlife. Such take is prohibited under the Endangered Species Act unless it is exempted pursuant to 16 U.S.C. 1536(o) or permitted pursuant to 16 U.S.C. 1539(a). Absent such exemption or permit, any facility operating under the authority of this regulation must not take threatened or endangered wildlife.
- (k) The Director must submit at least annually to the appropriate EPA Regional Office facilities' annual reports submitted pursuant to § 125.97(g), for compilation and transmittal to the Services.

16 ANEXO N° 6: Factores de Planta de Centrales con Ciclos a Vapor en Chile

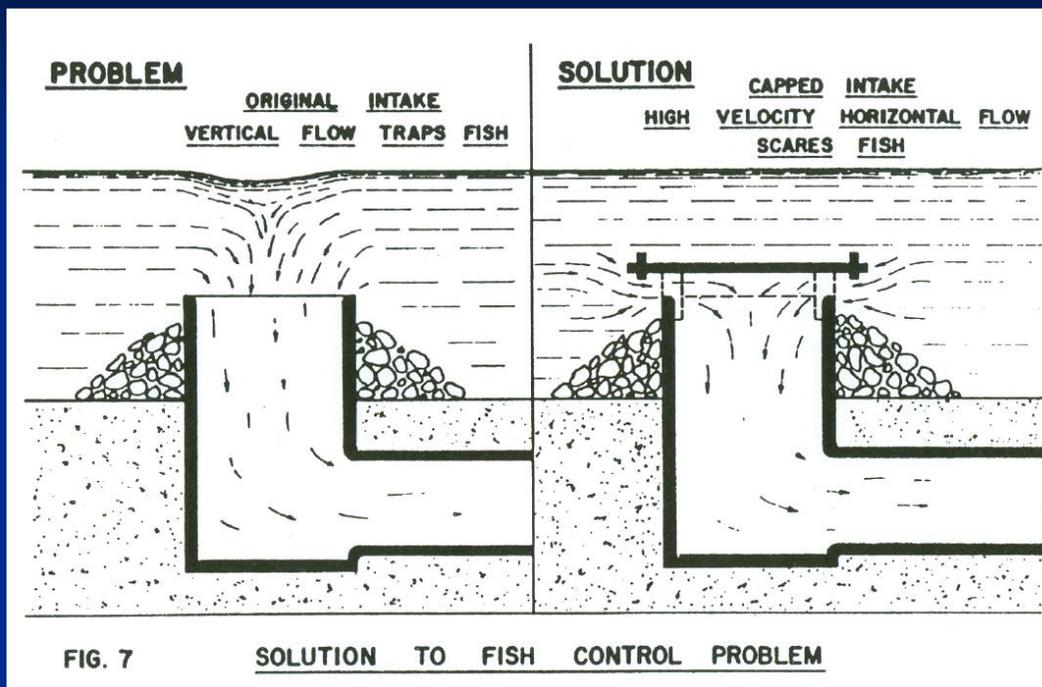
Tabla 40: Factor de planta estimado para ciclos a vapor en Chile (Basado en información CDEC-SIC y CDEC-SING)

| Sistema | Tipo | Central | Unidad | Bruta (MW) | Factor Planta | | | | |
|------------|-----------------------|-----------------|----------------|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| SIC | Ciclo Combinado | Nehuenco I | Nehuenco I | 380,7 | 26,4% | 46,6% | 50,1% | 47,9% | 39,4% |
| | | Nehuenco II | Nehuenco II | 386,6 | 74,6% | 54,2% | 68,1% | 49,3% | 60,1% |
| | | Nueva Renca | Nueva Renca | 379 | 57,6% | 61,7% | 56,0% | 19,2% | 35,4% |
| | | San Isidro I | San Isidro I | 377,5 | 67,6% | 76,0% | 76,6% | 78,4% | 53,6% |
| | | San Isidro II | San Isidro II | 388 | 86,8% | 89,8% | 89,7% | 88,7% | 70,5% |
| | Ciclo de Vapor Simple | Bocamina | Bocamina | 125 | 19,7% | 84,8% | 95,3% | 75,2% | 46,4% |
| | | Bocamina I | Bocamina II | 370 | 0,0% | 0,0% | 15,6% | 67,6% | 0,0% |
| | | Campiche | Campiche | 270 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 82,9% | 91,2% |
| | | Guacolda I | U1 | 152 | 85,5% | 88,1% | 63,2% | 95,7% | 88,8% |
| | | Guacolda II | U2 | 152 | 83,3% | 75,3% | 90,2% | 93,5% | 93,5% |
| | | Guacolda III | U3 | 152 | 90,1% | 97,5% | 89,1% | 97,2% | 91,4% |
| | | Guacolda IV | U4 | 152 | 77,8% | 92,3% | 89,7% | 97,7% | 93,5% |
| | | Nueva Ventanas | Nueva Ventanas | 270 | 84,5% | 85,7% | 96,7% | 91,7% | 92,3% |
| | | Santa María | Santa María | 370 | 0,0% | 3,0% | 57,2% | 80,7% | 80,9% |
| Ventanas 1 | Ventanas 1 | 120 | 87,0% | 86,3% | 83,0% | 62,3% | 71,2% | | |
| Ventanas 2 | Ventanas 2 | 218 | 60,6% | 75,0% | 75,2% | 74,4% | 61,7% | | |
| SING | Ciclo Combinado | Atacama | CC1 | 378,7 | 37,5% | 37,1% | 13,4% | 20,6% | 10,5% |
| | | Atacama | CC2 | 378,7 | 52,1% | 27,0% | 10,0% | 7,5% | 16,8% |
| | | Mejillones | CTM3 | 250,3 | 16,7% | 14,1% | 14,0% | 7,1% | 21,8% |
| | | Tocopilla | U16 | 400 | 43,6% | 34,2% | 40,6% | 41,4% | 41,7% |
| | Ciclo de Vapor Simple | Andina | CTA | 157 | 0,0% | 54,9% | 95,4% | 86,6% | 75,9% |
| | | Angamos | ANG1 | 272 | 0,0% | 53,7% | 62,1% | 73,8% | 81,1% |
| | | Angamos | ANG2 | 272 | 0,0% | 29,7% | 78,9% | 77,1% | 84,9% |
| | | Hornitos | CTH | 158 | 0,0% | 48,3% | 70,0% | 88,5% | 79,1% |
| | | Mejillones | CTM1 | 154 | 82,6% | 82,9% | 89,2% | 84,9% | 83,9% |
| | | Mejillones | CTM2 | 166 | 83,9% | 79,7% | 80,0% | 75,7% | 76,8% |
| | | Nueva Tocopilla | NTO1 | 135 | 92,9% | 93,4% | 96,8% | 90,6% | 88,4% |
| | | Nueva Tocopilla | NTO2 | 135 | 99,0% | 94,7% | 84,4% | 88,5% | 89,5% |
| | | Tarapaca | CTTAR | 150 | 81,9% | 74,0% | 64,5% | 69,4% | 69,3% |
| | | Tocopilla | U12 | 85,3 | 81,8% | 37,6% | 58,8% | 58,9% | 67,4% |
| | | Tocopilla | U13 | 85,5 | 74,2% | 46,7% | 73,0% | 66,3% | 67,8% |
| Tocopilla | U14 | 136,4 | 75,0% | 68,6% | 85,8% | 75,9% | 71,1% | | |
| Tocopilla | U15 | 132,4 | 85,5% | 65,1% | 76,8% | 83,4% | 73,9% | | |

17 ANEXO N° 7: Cuantificación del Desempeño de Velocity Caps en Estados Unidos (Southern California)

Imágenes tomadas de una presentación realizada por MBC Applied Environmental Sciences en American Fisheries Society's 137th Annual Meeting, San Francisco, CA. 6 de septiembre de 2007.

Operating principle:



Weight, R.H. 1958. Ocean Cooling System for 800 MW Power Station. J. Power Div., Proc. ASCE.

Figura 25: Principio de operación de un velocity cap (MBC Applied Environmental Sciences)

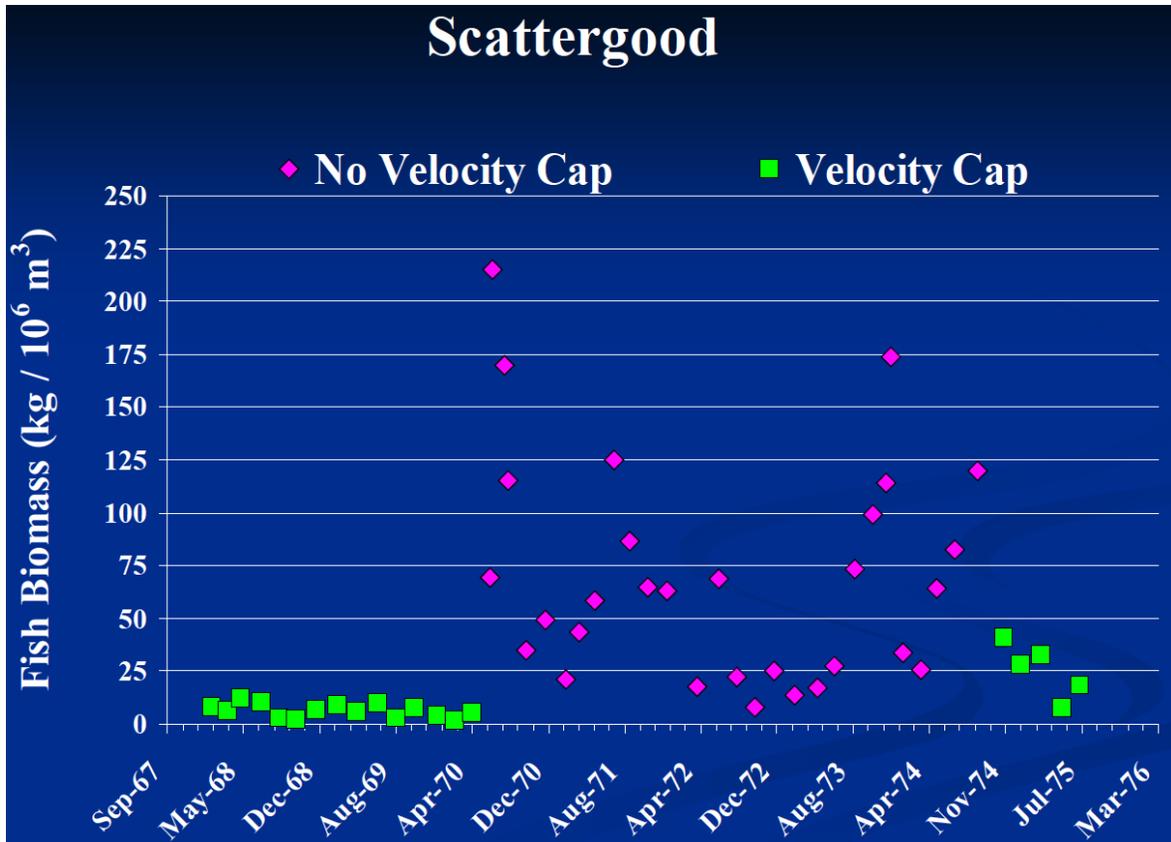


Figura 26: Análisis de efectividad de instalación de un velocity cap en Central Scattergood, Southern California (MBC Applied Environmental Sciences)

ESGS Units 1&2

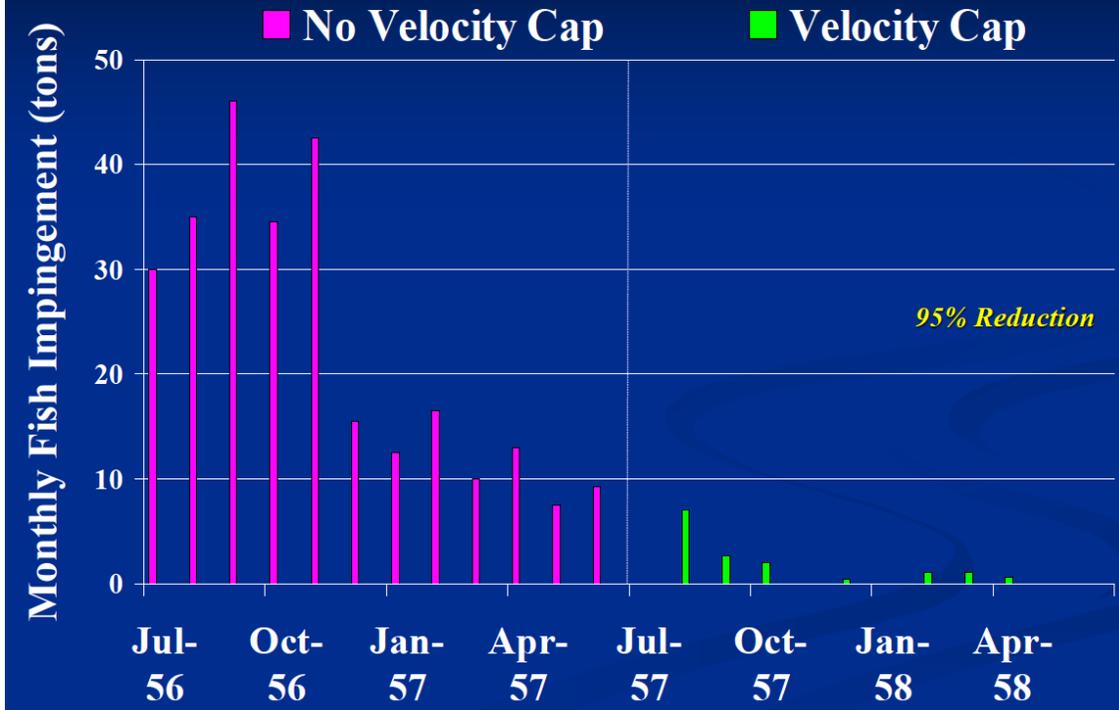


Figura 27: Análisis de efectividad de instalación de un velocity cap en Central El Segundo, Southern California (MBC Applied Environmental Sciences)

Huntington Beach / Ormond Beach (cont.)

■ HBGS Entrapment

- Nighttime reduction: 53-87%
- Daytime reduction: 99%
- Day/night reduction: 90%

■ OBGS Entrapment

- Nighttime reduction: 61%
- Daytime reduction: 87%

Figura 28: Análisis de efectividad de instalación de un velocity cap en Central Huntington Beach (HBGS) y Ormond Beach (OBGS), Southern California (MBC Applied Environmental Sciences)

**18 ANEXO N° 8: Memo 1 - Fish Protection Technologies for Reducing
Entrainment Commesurate with Closed Cycle Cooling**

TO: DONNY HOLASCHUTZ
CONSULTANT
INODU

FROM: TIM HOGAN
SENIOR FISHERIES BIOLOGIST
ALDEN RESEARCH LABORATORY, INC.
30 SHREWSBURY STREET
HOLDEN, MA 01520

SUBJECT: MEMO ON FISH PROTECTION TECHNOLOGIES FOR REDUCING ENTRAINMENT COMMENSURATE WITH CLOSED CYCLE COOLING

DATE: DECEMBER 10, 2015

Introduction

It can be argued that there are fish protection technologies available to protect aquatic organisms against entrainment. These technologies, alone or in combination with other technologies, have been shown to be capable of achieving entrainment reductions on par with those attainable with flow reductions associated with closed cycle cooling. In addition, cooling towers present other impacts that fish protection technologies do not which must be accounted for (e.g., salt drift and viewscapes).

Therefore, Alden supports the use of fish protection technologies as the best technology available (BTA) for minimizing entrainment impacts. It is also likely that the cost versus the benefits of closed cycle cooling do not compare as favorably as they do for fish protection technologies. Using fish protection technologies, the use of once-through-cooling in the thermal power generation industry should be acceptable from an entrainment perspective.

Fish Protection Technologies for Entrainment Reduction

The biological efficacy for any technology for entrainment reduction is dependent on many factors. However, it is first important to define what constitutes entrainment reduction. The simplest definition is to prevent the entrainment of any species or lifestage. However, if survival is factored in, the issue becomes more complex. Estimates of biological efficacy typically include the consideration of both physical exclusion from entrainment and the subsequent survival of the excluded organisms. Estimates of biological efficacy are derived from existing site data, available data from other sites, or other evaluations (e.g., laboratory and pilot-scale studies). Ideally, data are available for each technology alternative under consideration and for each of the numerically dominant species (or species of interest) and life stages.

In practicality, there are only two technologies germane to entrainment reduction on a scale commensurate with closed cycle cooling: narrow-slot cylindrical wedgewire screens (CWWS) and fine-mesh modified traveling water screens (MTWS). However, each technology is predicated on different concepts and operation. If entrainment reduction is the only requirement, either technology can function effectively, based on slot width or mesh size, to physically exclude organisms from being entrained into

the facility. MTWS function on a “collect and transfer” concept and if entrainment mortality reduction is a concern, organism survival off the screen is a factor.

Physical Exclusion

For exclusion technologies, the key factor is organism size in relation to the mesh size or slot width. Data on exclusion from lab, field, or full-scale application is often lacking for many dominant species (or species of interest) and life stages. In such cases, exclusion can be estimated using the head capsule depth (HCD; the widest non-compressible portion of the larval body). When head capsules are larger than the nominal opening size of the screening material, a larva will not be entrained. With larvae, the orientation of the organism at the time of contact with the screen will influence the likelihood of being entrained. So, if the intent is to just physically exclude organisms, an operator must simply select a slot-width or mesh size that would preclude entrainment of ichthyoplankton of the target species (i.e., select a slot-width or mesh size smaller than the smallest HCD estimated). Exclusion is species-specific because there is substantial variation in the morphometric characteristics among species.

Smith et al. (1968) found that the maximum cross-sectional diameter of the organism must be greater than the mesh diagonal if it is to be fully retained. Bell (1973) noted that fish are generally prevented from entrainment by the size of the bony part of the head and developed relationships of fish length to expected exclusion by meshes of different sizes. Bell cautioned that the relationships he developed were based on a small number of organisms. Turnpenny (1981) further developed Bell’s approach by expanding the number of species and size range examined. Turnpenny developed a relationship from physical measurements of length and depth of preserved fish and a series of empirical observations on square mesh screens. Turnpenny used these relationships to develop a “Fineness Ratio,” which offered more flexibility and accuracy than the approach used by Bell (1973). Similar approaches have been used by other researchers (Vannucci 1968; Lenarz 1972; Colton et al. 1980; Schneeberger and Jude 1981; Wesiberg et al. 1984; PSEG 2002).

The relationship between HCD to body length can be developed in two ways. First, when available, actual measurements of fish can be used. For example, the Salem Generating Station on the Delaware River in New Jersey developed body length to HCD regressions for several species (PSEG 2002) using measurements taken from preserved specimens representing all size classes of larvae. When empirical measurements are unavailable, these types of relationships can also be developed from other data sources: primary scale-drawings from available taxonomic keys (e.g., Wang and Kernehan 1979, Moser 1996, Auer 1982), journal articles (e.g., Ditty et al. 2005), and on-line resources (e.g., www.fishbase.org). These regressions can then be used to interpolate HCDs for fish of given lengths on a species-by-species basis (for example regressions, see Table 1). The estimated entrainment (the inverse of exclusion) of various important species from Table 1 is presented graphically in Figure 1 by U.S. geographic region. A similar approach of using body depth can be used with invertebrate species, such as blue crab and Penaeid shrimp.

The next step in the process is to use the regression equations to estimate exclusion by integration under a normal curve. The lengths of fish entrained at a given site will have a major impact on the exclusion potential of a technology. The final step in estimating exclusion requires applying length-specific efficacy estimates to the site-specific length frequency distribution at a given site (if such data area available). If no length frequency data are available, then estimates can be generated assuming that the length frequency distribution is distributed equally among the length ranges described in the literature for a given species/life stage.

Table 1. Species-specific regression equations (with associated R² values) used to estimate head capsule depths (HCD) based on larval lengths for selected species.

| Family | Common Name | Scientific Name | Regression Equation | R ² Value | Source |
|----------------|---------------------|--------------------------------------|--|----------------------|-----------------|
| Sciaenidae | Queenfish | <i>Seriphus politus</i> | Depth = -0.0569 + (0.212 * Length) | 0.942 | MBC et al. 2010 |
| Engraulidae | Northern Anchovy | <i>Engraulis mordax</i> | Depth = -0.0151 + (0.0845 * Length) | 0.908 | MBC et al. 2010 |
| Atherinopsidae | Topsmelt | <i>Atherinops affinis</i> | HCD = -0.1572939 + 0.1361715 Length | 0.921 | Scale-drawings |
| Clupeidae | Atlantic Menhaden | <i>Brevoortia tyrannus</i> | In HCD = -2.588 + 1.051 Length + (Length - 3.285)(0.645(SIGN(Length-3.285))) | 0.315 | PSEG 2002 |
| Atherinopsidae | Atlantic Silverside | <i>Menidia menidia</i> | In HCD = -2.490 + 1.134 Length + (Length - 2.625)(0.121(SIGN(Length - 2.625))) | 0.966 | PSEG 2002 |
| Pleuronectidae | Winter Flounder | <i>Pseudopleuronectes americanus</i> | HCD = 0.1777 * Length) + 0.0473 | 0.692 | EPRI 2005 |
| Sciaenidae | Weakfish | <i>Cynoscion regalis</i> | In HCD = -1.180+0.925Length+(Length-2.305)(-0.047(SIGN(Length-2.305))) | 0.970 | PSEG 2002 |
| Moronidae | White Perch | <i>Morone americana</i> | In HCD = -1.937+1.094Length+(Length-2.720)(-0.144(SIGN(Length-2.720))) | 0.964 | PSEG 2002 |
| Centrarchidae | Bluegill | <i>Lepomis macrochirus</i> | HCD = -0.4324962 + 0.2164779 Length | 0.969 | Scale-drawings |
| Sciaenidae | Atlantic Croaker | <i>Micropogonias undulatus</i> | In HCD = -1.427+0.979Length+(Length-2.726)(-0.174(SIGN(Length-2.727))) | 0.982 | PSEG 2002 |
| Family | Common Name | Scientific Name | Regression Equation | R ² Value | Source |
| Engraulidae | Bay Anchovy | <i>Anchoa mitchilli</i> | In HCD = -3.004+1.217Length+(Length-2.498)(0.523(SIGN(Length-2.498))) | 0.953 | PSEG 2002 |
| Achiridae | Hogchoker | <i>Trinectes maculatus</i> | HCD = -0.4075561 + 0.3870033 length | 0.914 | Scale-drawings |

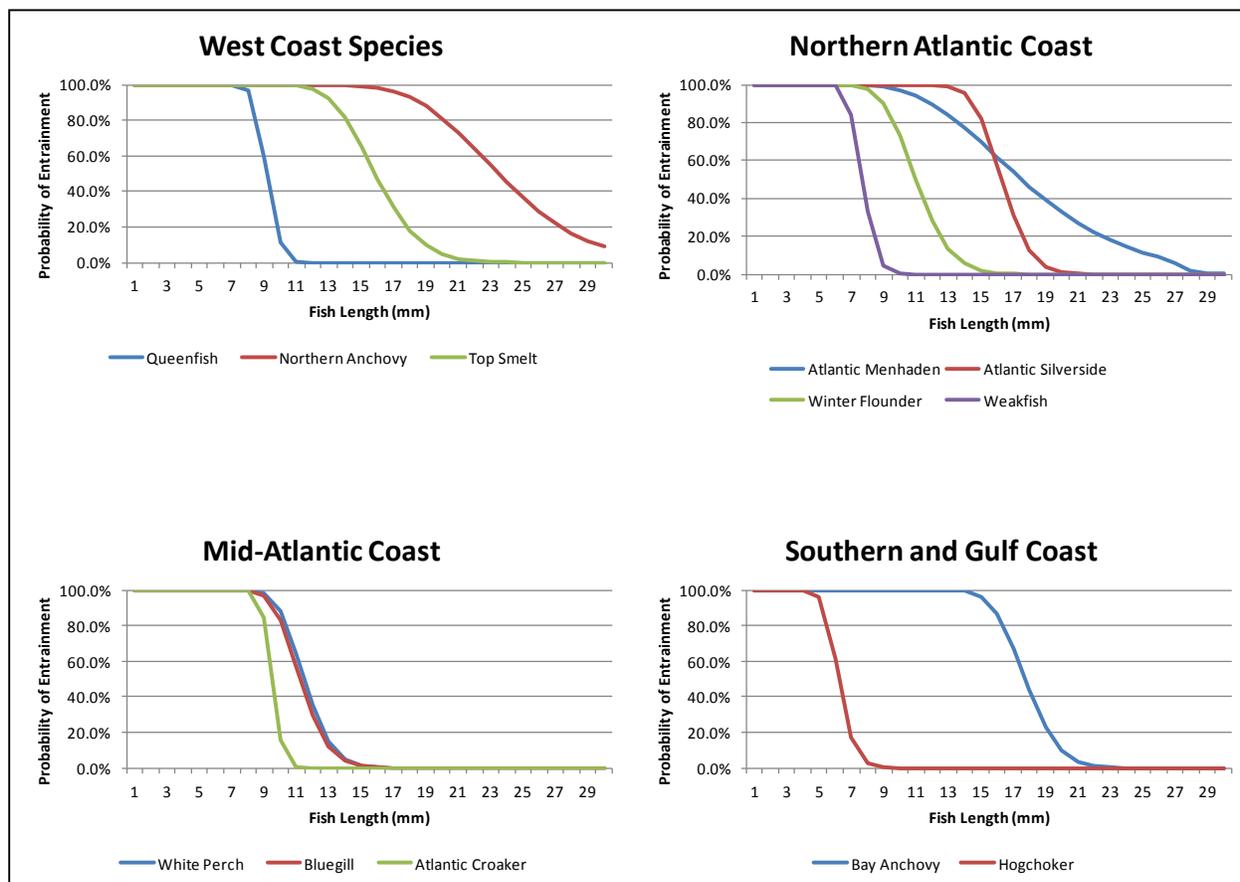


Figure 1. Estimated entrainment of larvae through a 2.0-mm slot width for selected important U.S. species.

Cylindrical Wedgewire Screens

CWWS protect fish through a combination of physical exclusion and a low through-screen velocity (TSV). With early life stages, the relationship between TSV and ambient velocity (also referred to as channel, sweeping, or approach velocity) can have considerable effect on impingement and entrainment of fish exposed to CWWS. Impingement and entrainment have been positively correlated with slot velocity and inversely related to ambient velocity (Hanson et al. 1978; Heuer and Tomljanovich 1978). The interaction between these two velocity components also is important, with available data suggesting that the ratio of ambient velocity to slot velocity should be maximized for effective exclusion of aquatic organisms (Hanson et al. 1978). In laboratory studies (EPRI 2003) it was demonstrated that as this ratio of ambient velocity to slot velocity increases, entrainment and impingement rates decrease.

Empirical observation of exclusion is the best measurement of performance. However, there have been few empirical studies to determine the entrainment rates through narrow-slot CWWS and there are substantial gaps in the database for several species. In the absence of empirical data, physical exclusion for a given slot size can be predicted theoretically using the body depth of the organisms being protected.

Modified Traveling Water Screens

For collection and transfer technologies (i.e., MTWS), biological effectiveness is measured in two ways: retention and survival. There have been few empirical studies to determine the length-specific size of organisms entraining through fine-mesh. The majority of these studies has looked at towed, ichthyoplankton nets and may not well represent what would be observed with a fine-mesh MTWS. Therefore, the estimates of entrainment developed for CWWS (discussed above) can also be used to determine exclusion using fine-mesh MTWS.

In addition to the physical exclusion of organisms, collection and transfer technologies handle the organisms during the transfer process back to the source waterbody. This handling may impart some additional stress to the organisms: injuries, scale loss, or mortality. With MTWS, the second measurement of effectiveness is the survival of the different life stages that would be retained (impinged) on the screens. In the case of fine-mesh MTWS this may include eggs, larvae, and early juvenile life stages that would otherwise be entrained through coarser meshes typically used at intakes (e.g., 3/8 in. or 1/4 x 1/2 in. meshes). The survival of impinged organisms is dependent upon their biology (life stage, relative hardiness, etc.) and the screen operating characteristics (rotation speed, spraywash pressure, etc.). Generally, survival of eggs is considered good while survival of yolk-sac and early post-yolk-sac larvae are poor. As larvae grow (15 mm or greater), survival typically improves, though juvenile and adult fish survival varies by species/ hardiness.

Table 2 presents estimates of impingement survival for juvenile and adults of the important U.S. species used in Table 1. Table 3 presents similar estimated impingement survival data, but for larvae.

Table 2. Estimated percent post-impingement survival with MTWS (weighted mean), number of organisms (N) used to estimate post-impingement survival, the range in reported survival, and the 95% confidence interval surrounding the weighted mean.

| Region | Common Name | Surrogate | N | Range | Weighted Mean | Normal Approximation (\pm 95% CI) | |
|---------------------------|------------------|---------------------|--------|---------------|---------------|--------------------------------------|-------|
| | | | | | | Lower | Upper |
| West Coast | Queenfish | Atlantic croaker | 40,624 | 49.5 - 99.0% | 77.0% | 76.6% | 77.5% |
| | Northern Anchovy | Bay anchovy | 21,435 | 0.0 - 94.0% | 32.1% | 31.5% | 32.8% |
| | Topsmelt | Atlantic silverside | 1,290 | 0.0 - 99.1% | 85.7% | 83.8% | 87.7% |
| Northeastern Coastal | Winter Flounder | Not used | 383 | 0.0-97.2% | 96.9% | 95.0% | 98.7% |
| | Blue Crab | Not used | 59,743 | 85.4 - 100.0% | 96.7% | 96.5% | 96.8% |
| | Weakfish | Not used | 33,131 | 39.1 - 100.0% | 59.7% | 59.2% | 60.2% |
| | White Perch | Not used | 38,228 | 30.0 - 100.0% | 83.6% | 83.3% | 84.0% |
| | Blue Crab | Not used | 59,743 | 85.4 - 100.0% | 96.7% | 96.5% | 96.8% |
| Mid-Atlantic Coastal | Bluegill | <i>Lepomis</i> sp. | 2,011 | 54.0 - 100.0% | 95.9% | 95.0% | 96.8% |
| | Gizzard Shad | Not used | 5,323 | 0.4 - 100.0% | 81.0% | 80.0% | 82.1% |
| | Atlantic Croaker | Not used | 40,624 | 49.5 - 99.0% | 76.1% | 76.6% | 77.5% |
| | White Shrimp | Penaeid shrimp | 3,076 | 33.3 - 100.0% | 90.6% | 89.6% | 91.7% |
| | Blue Crab | Not used | 59,743 | 85.4 - 100.0% | 96.7% | 96.5% | 96.8% |
| Southern Coastal and Gulf | Pink Shrimp | Penaeid shrimp | 3,076 | 33.3 - 100.0% | 90.6% | 89.6% | 91.7% |
| | Bay Anchovy | Not used | 21,435 | 0.0 - 93.8% | 32.1% | 31.5% | 32.8% |
| | Hogchoker | Not used | 8,032 | 83.7 - 100.0% | 94.2% | 93.7% | 94.7% |

Table 3. Estimated survival of impinged larvae on fine-mesh modified traveling water screens.

| Common Name | Scientific Name | BPJ Larval Survival Estimate |
|---------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Queenfish | <i>Seriphus politus</i> | 20% |
| Northern Anchovy | <i>Engraulis mordax</i> | 0% |
| Topsmelt | <i>Atherinops affinis</i> | 20% |
| Atlantic Menhaden | <i>Brevoortia tyrannus</i> | 1% |
| Atlantic Silverside | <i>Menidia menidia</i> | 23% |
| Winter Flounder | <i>Pseudopleuronectes americanus</i> | 9% |
| Weakfish | <i>Cynoscion regalis</i> | 14% |
| White Perch | <i>Morone americana</i> | 23% |
| Bluegill | <i>Lepomis macrochirus</i> | 80% |
| Gizzard Shad | <i>Dorosoma cepedianum</i> | 0% |
| Atlantic Croaker | <i>Micropogonias undulatus</i> | 21% |
| Bay Anchovy | <i>Anchoa mitchilli</i> | 0% |
| Hogchoker | <i>Trinectes maculatus</i> | 46% |

Intake Location

The location of an intake will also affect its potential to impinge or entrain organisms. An offshore intake withdrawal point has potential to reduce IM&E impacts due to its location in water that is potentially less productive; while intakes located at the shoreline are generally considered to be more likely to have potential IM&E impacts since they are in areas of greater biological productivity (e.g., spawning and nursery areas are typically near shore or in marshes and tributaries). A locational benefit is typically accepted (when considering 316(b)) for an intake located offshore. However, any offshore structure (anthropogenic or natural) can attract fish and other organisms.

Case Study – Tampa Electric Company Big Bend Station

The Tampa Electric Company Big Bend Station (Big Bend) is located on Tampa Bay in Florida. It has a nameplate capacity of 1,825 megawatts and uses once-through-cooling at a total station flow of 2,166 cfs (1.4 billion gallons/day). TECO installed 0.5-mm MTWS to reduce entrainment and conducted a field evaluation to verify their performance in 1987 (Brueggermeyer et al. 1987).

For the entrainment study, pumped samples were collected upstream and downstream of one dual flow fine-mesh screen (both ascending and descending sides of the screen). Entrainment of abundant species was very low when comparing densities of organisms upstream and downstream of the screen. Results indicate that entrainment of fish eggs was reduced by between 92 and 97%, fish larvae was reduced by between 75 and 100%, and invertebrates was reduced by 100% (Table 4).

Table 4. Entrainment reduction achieved with fine-mesh MTWS at Big Bend (from Brueggermeyer et al. 1987).

| Species | Life stage | Mean Density (#/100 m ³) upstream of screen | Mean Density (#/100 m ³) downstream of screen | Entrainment reduction |
|-----------------------------|------------|--|--|--------------------------|
| <i>Scianidae spp.</i> | Egg | 38,595 | 1,062 | 97% |
| <i>Anchoa mitchilli</i> | Egg | 12,860 | 1,071 | 92% |
| <i>Anchoa mitchilli</i> | Larvae | 240 | 27 | 89% |
| <i>Bairdiella chrysoura</i> | Larvae | 2 | - | 100% |
| <i>Cynoscion nebulosus</i> | Larvae | 1 | - | 100% |
| <i>Menippe mercenaria</i> | Zoea | 25 | - | 100% |
| <i>Penaeus spp.</i> | Juvenile | 2 | - | 100% |
| <i>Blenniidae spp.</i> | Larvae | 30 | 5 | 82% |
| <i>Gobiidae spp.</i> | Larvae | 30 | 8 | 75% |
| <i>Gobiesox strumosus</i> | Larvae | 9 | 1 | 88% |

Conclusion

In summary, it is possible to reduce entrainment to a level commensurate with the flow reduction associated with closed-cycle cooling (i.e., 90%); however, it is important to understand the ultimate goal – simple exclusion or exclusion and survival. If the objective is physical exclusion, proper selection of the mesh/slot width can provide the targeted 90% reduction. A 90% reduction in entrainment and 100% survival of physically excluded organisms, however, may not be possible for all species/life stages, given the fragility of some.

References

Auer, N. A. (ed.). 1982. Identification of Larval Fishes of the Great Lakes Basin with Emphasis on the Lake Michigan Drainage. Great Lakes Fisheries Commission, Special Publication 82-3.

Bell, M.C. 1973. Fisheries Handbook of Engineering Requirements and Biological Criteria. U.S. Army Corps of Engineering. North Pacific Division, Fisheries Engineering Research Program. Portland, Oregon. National Technical Information Service. U.S. Dept. of Commerce.

Brueggermeyer, V., D. Cowdrick, K. Durrell, S. Mahadevan, and D. Bruzek. 1987. Full-scale Operational Demonstration of Fine-Mesh Screens at Power Plant Intakes. In: Fish Protection at Steam Electric and Hydroelectric Power Plant, San Francisco, CA, October 1987.

Colton, J.B., Jr., J.R. Green, R.R. Byron, and J.L. Frisella. 1980. Bongo net retention rates as effected by towing speed and mesh size. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37:606-623.

Ditty, J. G., R. F. Shaw, and L. A. Fuiman. 2005. Larval Development of Five Species of Blenny (Teleostei: Blenniidae) from the Western Central North Atlantic, with a Synopsis of Blennioid Family Characters. Journal of Fish Biology 66(5): 1261-1284.

EPRI. 2003. Laboratory Evaluation of Wedgewire Screens for Protecting Early Life Stages of Fish at Cooling Water Intakes, EPRI, Palo Alto, CA: 2003. 1005339.

EPRI. 2005. Field Evaluation of Wedgewire Screens for Protecting Early Life Stages of Fish at Cooling Water Intakes. EPRI, Palo Alto, CA. 1010112.

Hansen, B.N., W.H. Bason, B.E. Beitz, and K.E. Charles. 1978. A Practical Intake Screen which Substantially Reduces Entrainment. In: Fourth National Workshop on Entrainment and Impingement, Chicago, IL, December 5, 1977. Sponsored by Ecological Analysts. L.D. Johnson (Ed.)

Heuer, J. H. and D. A. Tomljanovich. 1978. A Study on the Protection of Fish Larvae at Water Intakes Using Wedge-Wire Screening. TVA Technical Note B26.

Lenarz, W.H. 1972. Mesh retention of *Sardinops caerulea* and *Engraulis mordax* by plankton nets. Fish. Bull. U.S. 70:839-848.

MBC Applied Environmental Sciences, Tenera Environmental, Bonterra Consulting, and URS Corporation. 2010. Characterization Baseline Study Report. Prepared for the City of Los Angeles Dept. of Water and Power. Oct. 7, 2010.

Moser, H. G. (ed.). 1996. The Early Stages of Fishes in the California Current Region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas No. 33. ISBN 0-935868-82-8. 1,505 pp.

PSEG. 2002. Salem Generating Station NJPDES Permit No. NJ0005622 - Custom Requirement G.9.b.ii - Entrainment Extrusion Studies Task #1, Morphometric Analysis.

Schneeberger, P.J. and D.J. Jude. 1981. Use of fish larva morphometry to predict exclusion capabilities of small-mesh screens at cooling-water intakes. Trans. Amer. Fish. Soc., 110:246-252.

Smith, P.E., R.C. Counts, and R.I. Clutter. 1968. Changes in Filtering Efficiency of Plankton Nets Due to Clogging Under Tow. ICES Journal of Marine Science 32: 232-248.

Turnpenny, A.W.H. 1981. An analysis of mesh sizes required for screening fishes at water intakes. Estuaries, 4(4):363-368.

Vannucci, M. 1968. Loss of organisms through the meshes. In D.J. Tranter (ed.), Part I, Review on zooplankton sampling methods, p. 77-86. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 2, Zooplankton sampling.

Wang, J. C. S. and R. J. Kernehan. 1979. Fishes of the Delaware Estuaries. A guide to the early life histories. ISBN: 0-931842-02-6. 410 pp.

Weisburg, S. B., W. H. Burton, F. Jacobs, and E. A. Ross. 1987. Reductions in Ichthyoplankton Entrainment with Fine-Mesh, Wedge Wire Screens. North American Journal of Fisheries Management 7: 386–393

19 ANEXO N° 9: Memo 2 – Best Practices Regarding Flow Velocity as an Intake Performance Criterion

TO: DONNY HOLASCHUTZ
CONSULTANT
INODU

FROM: TIM HOGAN
SENIOR FISHERIES BIOLOGIST
ALDEN RESEARCH LABORATORY, INC.
30 SHREWSBURY STREET
HOLDEN, MA 01520

SUBJECT: MEMO ON BEST PRACTICES REGARDING FLOW VELOCITY AS AN INTAKE PERFORMANCE CRITERION

DATE: DECEMBER 10, 2015

Introduction

There is no scientific basis for the 0.5 ft/sec through-screen velocity (TSV) criterion and, indeed, changing the TSV criterion to 1.0 ft/sec would be adequately protective of aquatic organisms. The United States Environmental Protection Agency (EPA) also considered requiring (but withdrew) that the velocity criterion be met under all operating conditions. Meeting the design velocity standard at all times under worst-case conditions, including simultaneous occurrence of mean low water and maximum head loss, or the actual velocity standard (which requires twice weekly monitoring), may not be technologically feasible or economically practicable for once-through facilities that cannot meet the impingement mortality percentage standards. Meeting the velocity standards would require either expanding existing intakes (which may or may not be feasible and almost certainly would be costly) or using passive screens or nets deployed year-round, which may be infeasible in some cases and costly in many cases.

Approach Versus Through-Screen Velocity

Throughout the Proposed and Final Rule, there is conflicting or confusing language describing the 0.5 ft/sec velocity criterion. The crux of the issue is whether 0.5 ft/sec should be an approach or TSV. For example, the following is a partial list of statements related to this issue:

§ VI.B.2.ii (p. 22,200): Regarding wedgewire screens and 0.5 ft/sec through slot velocity, “[l]ower intake velocities also allow fish to escape from the screen face.”

§ VI.B.3 (p. 22,201): Regarding collection and return, “[m]arine life may become impinged against the screens from high intake velocities that prevent their escape.”

§ VI.B.4 (p. 22,202): Regarding velocity caps, “[f]urthermore, the velocity at an offshore intake is lower than the velocity of an equivalent sized intake at the shoreline...” and “[b]ecause velocity caps operate under the principle that the organisms can escape the current...”

§ VI.B.5 (p. 22,202): Regarding reduced intake velocity, “[i]mpingement mortality can be greatly reduced by reducing the through-screen velocity in any screen...” and “[s]wim speed

studies demonstrate for most facilities, an intake velocity of 0.5 feet per second or less results in 90 percent or better reductions in impingement mortality for most species.”

§ VI.D.1.a (p. 22,204): “Impingement mortality controls” refers to 66 Fed. Reg. 65,274 (Phase I Rule) for derivation of 0.5 ft/sec through-screen velocity.

§ 125.96(a)(4) (p. 22,286): Regarding compliance monitoring, “design intake flow for the intake equal to or less than 0.5 feet per second....”

In developing the 0.5 ft/sec TSV for the Phase I Rule (p. 65,274), EPA references five Federal documents (Christianson et al. 1973; King 1973; Boreman 1977; NMFS Northwest 1995; NMFS Southwest 1997) and a California document (CA DFG 1997). EPA stated, “The data presented showed that the species and life stages evaluated could endure a velocity of 1.0 ft/sec.” While none of the three specifically states that the velocity values are approach velocities, it was common practice at that time to use a simple approach velocity. Although EPA acknowledged that TSV is always higher than approach velocity, it provided no explanation why it believed TSV was the most appropriate value for fish protection. Further, EPA’s own memorandum justifying its velocity requirement quoted another early guidance document that stated “[m]aximum acceptable *approach* velocities are on the order of 0.5 ft/sec (emphasis added)” (EPA 2000). In addition, EPA states, “...approach velocity is the velocity measured just in front of the screen face or at the opening of the cooling water intake structure in the surface water source, and is biologically the most important velocity (66 Fed. Reg. 65,274).

However, to develop a threshold that could be applied nationally and is effective at preventing impingement of most species of fish at their different life stages, EPA applied a safety factor of two to the 1.0 ft/sec threshold to develop a threshold of 0.5 ft/sec. The confusion lays in the reference to the 1.0 ft/sec which is an approach velocity, not a TSV. The application of a “safety factor” of two should have resulted in an approach velocity of 0.5 ft/sec, not a TSV (which results in a 0.25 ft/sec approach velocity). Consequently, the 0.5 ft/sec TSV is unsupported by any of the literature cited and is significantly more stringent than a 0.5 ft/sec approach velocity criteria.

A velocity limit based on biological considerations would include: species, lifestages, size, condition, swimming ability, seasonality, and environmental conditions; many of these considerations overlap. For example, the life history of a goby is different from that of an anchovy or a tuna. An adult goby may not exceed 6 mm in length though its swimming abilities are greatly different from a juvenile or adult tuna. A velocity limit will have no effect on the entrainment of non-motile lifestages such as eggs or early yolk-sac larvae. However, as fish grow, their swimming ability increases. The species composition and relative abundance of species varies among facility intakes. Within species, a post-spawning adult is often stressed compared to an adult at any other time of the year and its swimming ability may be reduced. Finally, environmental conditions will affect a fish’s ability to detect an intake. For example, storm events can change nearfield velocity patterns substantially which results in fish being unable to detect a facility intake with any velocity limit.

EPRI funded an independent review of EPA’s Phase 1 Rule velocity requirements (EPRI 2000) which presented in detail the data on swimming ability and the best location for measurement of a velocity limit. The authors concluded that the point of compliance should be 3 inches or so in front of a screen and parallel with the direction of the flow (i.e., approach velocity).

Conclusion

The most biologically meaningful velocity is approach velocity. Approach velocity relates to a measureable value (swimming ability), whereas TSV does not. In addition, it is not technologically possible to reliably measure TSV of 0.5 ft/sec or less. For these two reasons, we support the use of approach velocity in lieu of TSV as a regulatory criterion and recommend that approach velocity be considered the best practice for Chilean regulation.

References

Boreman, J. 1977. Impacts of Power Plant Intake Velocities on Fish. Power Plant Team, U.S. Fish and Wildlife Service.

CA DFG (California Department of Fish and Game). 1997. Fish Screening Criteria.

Christianson, A.G., F. H. Rainwater, M. A. Shirazi, and B. A. Tichenor. 1973. Reviewing Environmental Impact Statements: Power Plant Cooling Systems, Engineering Aspects, U.S. Environmental Protection Agency, Pacific Northwest Environmental Research Laboratory, Corvallis, Oregon, Technical Series Report EPA-660/2-73-016, October 1973.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. Background and Justification for Using a Through-Screen Velocity of 0.5 fps as a Threshold Criterion Value for the Section 316(b) Rulemaking Draft, June 2000. (DCN 1-1054-TC)

EPRI (Electric Power Research Institute). 2000. Evaluating the Effects of Power Plant Operations on Aquatic Communities. Palo Alto, CA. 1007821.

King, W. 1973. Instructional Memorandum RB-44: Review of NPDES (National Pollutant Discharge Elimination System) permit applications processed by the EPA (Environmental Protection Agency) or by the State with EPA Oversight. In U.S. Fish and Wildlife Service Navigable Waters Handbook. February 1973.

NMFS Northwest (National Marine Fisheries Service Northwest Region). 1995. Juvenile Fish Screen Criteria. (DCN1-5016-PR).

NMFS Southwest (National Marine Fisheries Service Southwest Region). 1997. Fish Screening Criteria for Anadromous Salmonids. (DCN1-5022-PR).

20 ANEXO N° 10: Memo 3 - Best Practices to Define and Measure Mixing Zones

TO: DONNY HOLASCHUTZ
CONSULTANT
INODU

FROM: TIM HOGAN
PRINCIPAL BIOLOGIST
ALDEN RESEARCH LABORATORY, INC.
30 SHREWSBURY STREET
HOLDEN, MA 01520

SUBJECT: MEMO ON BEST PRACTICES TO DEFINE AND MEASURE MIXING ZONES

DATE: DECEMBER 10, 2015

Introduction

The Chilean Ministry of Energy is seeking guidance in an effort to develop new regulations for the thermal power industry. To that end, Alden provides this brief memo to describe the best practices for defining and measuring the mixing zone for the thermal power plant effluent.

In the United States, most states have delegated authority of administering the National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) permits. New York State has well-established criteria and procedures for evaluating and defining mixing zones. This memo is based on a review of the New York State requirements which provide definitive standards for thermal discharges that can be used as guidelines. All applicable New York State criteria are contained in 6 NYCRR §704 which cover varying operating conditions. These consist of:

- General Criteria [§704.2(a)],
- Special Criteria [§704.2(b)], and
- Mixing Zone Criteria [§704.3].

The General Criteria that apply to facilities installed after July 30, 1973 are as follows:

1. The natural seasonal cycle shall be retained.
2. Annual spring and fall temperature changes shall be gradual.
3. Large day-to-day temperature fluctuations due to heat of artificial origin shall be avoided.
4. Development or growth of nuisance organisms shall not occur in contravention of water quality standards.
5. Discharges which would lower receiving water temperature shall not cause a violation of water quality standards and section 704.3 (mixing zone criteria).
6. For the protection of the aquatic biota from severe temperature changes, routine shut down of an entire thermal discharge at any site shall not be scheduled during the period from December through March.

The applicable Special Criteria for Coastal Waters are as follows:

- (i) The water temperature at the surface of coastal waters shall not be raised more than four Fahrenheit degrees from October through June nor more than 1.5 Fahrenheit degrees from July through September over that which existed before the addition of heat of artificial origin.
- (ii) The water temperature at the surface of coastal waters shall not be lowered more than four Fahrenheit degrees from October through June nor more than 1.5 Fahrenheit degrees from July through September from that which existed immediately prior to such lowering.

The applicable Mixing Zone Criteria are promulgated in Section 704.3 as follows:

- The Department shall specify definable, numerical limits for all mixing zones
- Conditions in the mixing zone shall not be lethal in contravention of water quality standards to aquatic biota which may enter the zone.
- The location of the mixing zone shall not interfere with spawning areas, nursery areas and fish migration routes.

Defining the Mixing Zone

Often, the New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC) establishes a mixing zone adjacent to the station – an area where the Special Criteria may be exceeded. To satisfy the above requirements, typically a three-dimensional hydrothermal model study of the station's receiving-water environment is required. The first step would be to develop a computational fluid dynamics (CFD) model of the thermal plume characteristics. The selected model must: (1) simulate the important hydrodynamic and hydrothermal processes in three dimensions; (2) simulate relevant waterbody features, including shallow near-shore bathymetry; and (3) be well documented and validated in previous model studies. The RMA-10 mathematical model is used extensively for this type of application.

RMA-10 is a three-dimensional, time-varying, finite-element, hydrodynamic and constituent transport model. RMA-10 solves the full, nonlinear Navier-Stokes equations and incorporates the hydrostatic assumption. The model simulates salinity and temperature distributions based on the advection-diffusion equation, and the governing equations are coupled to density through an equation of state. This allows RMA-10 to simulate relevant features such as density-induced currents (i.e., circulation patterns resulting from vertical and horizontal gradients in temperature and/or salinity).

RMA-10 is well-suited to applications in near shore marine environments. Unlike finite-difference models, RMA's quadratic, finite-element formulation can accurately simulate the irregular shoreline configuration and channel bathymetry using a moderately spaced mesh, and any section of the model's mesh may be modified locally without changing other areas of the mesh. Also, the model's implicit solution scheme allows for use of long time steps (e.g., 15-30 minutes). RMA-10 provides options for using one-, two- and three-dimensional elements – an economical advantage for transitioning from channels to shallow bays and deep coastal waters. Once this model has been developed, it should be to be field-verified.

Measuring the Mixing Zone

A comprehensive field survey would be conducted during the summer. This would involve: 1) installation of in-situ instrumentation to continuously collect water temperature and water level data or 2) towing of thermistors below the surface (1 ft. and 5 ft.). A grid pattern would be followed to cover the projected plume area. This survey would characterize the extent of the station's thermal plume under observed, mid-summer conditions. Moreover, it would facilitate the calibration of a hydrothermal model. The model is used to characterize the station's thermal plume (including its areal extent, vertical and horizontal temperature gradients, etc.) over a range of representative environmental and operating conditions – including “typical” (median) conditions as well as “reasonable worst-case” conditions. Such conditions would be based on a statistical analysis of various controlling factors (e.g., station power generation, heat load, ambient air and water temperature, etc.). The model can be used to assess compliance with the Mixing Zone Criteria under these conditions, and to estimate an appropriate maximum daily discharge temperature that would allow the station to meet these Criteria.

In addition, modeling support for a bio-thermal assessment may be required to support a bio-thermal assessment of the station's potential thermal impacts on the balanced indigenous population (BIP). For the most part, this entails post-processing of model results to generate representative time-temperature exposures and water body areas/volumes corresponding to various delta T's.

Conclusion

In summary, there are U.S. states with well-defined methods for defining and measuring the mixing zone of thermal power plants. In this case, we have provided a brief review of the standards used in New York State, a state that is notorious for implementing stringent environmental regulation.

21 ANEXO N° 11: Memo 4 - Industry/Activity Specific Discharge Standard

TO: DONNY HOLASCHUTZ
CONSULTANT
INODU

FROM: TIM HOGAN
SENIOR FISHERIES BIOLOGIST
ALDEN RESEARCH LABORATORY, INC.
30 SHREWSBURY STREET
HOLDEN, MA 01520

SUBJECT: MEMO ON INDUSTRY/ACTIVITY-SPECIFIC DISCHARGE STANDARDS

DATE: DECEMBER 10, 2015

Introduction

The Chilean Ministry of the Environment is seeking guidance on how to approach discharge standards for the thermal power industry. To that end, Alden provides this brief memo as background on how discharges are regulated in the U.S thermal power industry.

In the U.S., the Environmental Protection Agency (EPA) has developed Effluent Guidelines which function as national standards for industrial dischargers. The regulations are technology based and use regulatory standards that are based on the performance of the technology that is deemed economically achievable and best reduces the pollutant under consideration (e.g., thermal effluent in the thermal power industry). During development of the Effluent Guidelines, the EPA takes into consideration the following items (from the EPA website: <http://www2.epa.gov/eg/learn-about-effluent-guidelines>):

- *industry practices*
- *characteristics of discharges (pollutants and stormwater flows)*
- *technologies or practices used to prevent or treat the discharge*
- *economic characteristics*

Steam electric power plants were the first industry for which Effluent Guidelines were developed in 1974. However, it is the most recent action from EPA in relation to the effluent from steam electric power plants that best illustrates the advantage of having industry/activity-specific standards. On September 30, 2015, the EPA issued Effluent Limitation Guidelines (ELGs) for levels of toxic metals in wastewater from thermal power plants (EPA 2015). The previous ELGs had been released in 1982. The recent revised ELGs set a new national limit for the release of toxic metals (e.g., arsenic, lead, mercury, selenium, chromium, and cadmium) by thermal power plants.

Two principal concepts appear to have driven the issuance of these revised ELGs and are indicative of the logic behind having industry/activity-specific discharge standards.

1. The evolution of new processes/technologies for generating power has resulted in changes in the levels of pollutants in the waste streams.

2. The evolution of advanced pollution capture/treatment technologies makes it feasible to reduce the levels of pollutants in the waste streams.

Each of these driving forces is described below in excerpts from the Pre-Publication version of the Federal Register Notice for the Steam Electric ELG Final Rule

(http://www2.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/steamelg_2040-af14_finalrule_preamble_2015-09-30_prepub.pdf).

1. The evolution of new processes/technologies for generating power: *“The steam electric ELGs that EPA promulgated and revised in 1974, 1977, and 1982 are out of date. They do not adequately control the pollutants (toxic metals and other) discharged by this industry, nor do they reflect relevant process and technology advances that have occurred in the last 30-plus years. The rise of new processes for generating electric power (e.g. coal gasification) and the widespread implementation of air pollution controls (e.g., FGD and flue gas mercury control (FGMC)) have altered existing wastestreams and created new types of wastewater at many steam electric power plants, particularly coal-fired plants. The processes employed and pollutants discharged by the industry look very different today than they did in 1982. Many plants, nonetheless, still treat their wastewater using only surface impoundments, which are largely ineffective at controlling discharges of toxic pollutants and nutrients.”*
2. The evolution of advanced pollution capture/treatment technologies: *“There are, however, affordable technologies that are widely available, and already in place at some plants, which are capable of reducing or eliminating steam electric power plant discharges. In the several decades since the steam electric ELGs were last revised, such technologies have increasingly been used at plants. This final rule is the first to ensure that plants in the steam electric industry employ technologies designed to reduce discharges of toxic metals and other harmful pollutants discharged in the plants’ largest sources of wastewater.”*

Advantages and Disadvantages of Industry/Activity-Specific Discharge Standards

Advantages

The clear advantage of regulating specific industries or activities is that it allows the regulator to better account for industry or activity-specific technological advances. If the discharge regulations were not parsed by industry, it would likely be more difficult to issue revised ELGs when there were obvious advances in the technologies. As with most of the rules promulgated by the EPA, thermal electric discharge regulations are technology-based; the same is true for the intake regulations that govern the thermal electric industry. The premise of EPA’s technology-based regulations acknowledges that what is currently considered state of the art will eventually be eclipsed by modern technology. Therefore, requiring the “best technology available” assures that the level of environmental protection is in step with the latest technology.

If the thermal electric discharge regulations were lumped in with other industries or activities, it would be less clear when a technological threshold (in either the power generation process or in the effluent treatment process) has been crossed that warrants a change in the regulation. For example, the advent of flue gas desulfurization (FGD) as a means to reduce air pollution from thermal power plants resulted in an increase in the waterborne pollutants (Copeland 2013). If the thermal electric industry were regulated collectively with other industries, it may have more difficult to revise the

ELGs since the technological change that resulted in increased pollutants in the wastestream was specific solely to the power generation industry.

Copeland (2013) indicated that a review of the ELGs in 2005 indicated that the thermal power industry was ranking high in the discharge of toxic and nonconventional pollutants. This points to another advantage of regulating discharges by industry or activity, namely that some industries have proportionally larger impacts in terms of pollutant discharges. Using industry-specific standards, it is therefore possible to revise regulations only for the industries causing the greatest impact. By making more stringent the regulations for the biggest polluters, the other industries (that may not be the big polluters) do not have to bear the cost of compliance.

Disadvantages

The principal disadvantage associated with having industry-specific regulations is time and cost. Regulating each discharger separately requires that the regulating authority:

- Keep informed of technological advances in each of the industrial processes being regulated
- Keep informed of technological advances in the treatment technologies available and their effectiveness in reducing pollutant loads in the effluent
- Dedicate time to periodically review the standards against the backdrop of the technological advances in the industry to determine if regulatory revisions are warranted.

Having multiple industries that have to undergo periodic reviews can be more of an effort (and cost) relative to a discharge regulation that covers multiple industries. For example, for the most recent ELGs released to the thermal power industry, EPA had to:

- Conduct a review of all the effluent limitation guidelines as part of the Clean Water Act (CWA) requirements
- Publish a plan for reviewing and revising the existing effluent guidelines - every two years
- After identifying data in 2005 that indicated the EGLs may be in need of revision, conduct a more detailed study to investigate whether revisions to the EGLs were warranted. This detailed study included site visits, wastewater sampling, and issuance of an industry questionnaire.
- Review publically-available data
- Coordinate with other EPA program offices, other governmental organizations, industry, environmental groups, and other stakeholders.

The final report on the findings of the detailed study was issued in 2009 after the data indicating the potential need for revising the ELGs were identified in 2005. EPA reached the following conclusion: *“Overall, from the detailed study, EPA found that the industry is generating new wastestreams that during the previous rulemakings either were not evaluated or were evaluated to only a limited extent due to insufficient data..... EPA also found that these wastestreams, as well as other combustion-related wastestreams at power plants (e.g., fly ash and bottom ash transport water, leachate) contain pollutants in concentrations and mass loadings that are causing documented environmental impacts and that treatment technologies are available to reduce or eliminate the pollutant discharges..... Based on the findings from the detailed study, which EPA issued in 2009, EPA began taking steps to revise the steam electric power generating effluent limitations guidelines and standards.”* (EPA 2013).

Notwithstanding the biennial review requirement per the CWA, the investigation and reporting required to reach the decision to revise the ELGs took approximately 4 years. Therefore, a clear disadvantage of developing industry-specific discharge standards is the time and expense required to properly review existing standards and determine whether revisions are warranted.

References

Copeland, C. 2013. Regulation of Power Plant Wastewater Discharges: Summary of EPA's Proposed Rule. Congressional Research Service 7-5700, www.crs.gov, R43169.

Environmental Protection Agency (EPA). 2013. Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Steam Electric Power Generating Point Source Category; Proposed Rule. 40 CFR Part 423. Federal Register Vol. 78, No. 110, June 7, 2013.

Environmental Protection Agency (EPA). 2015. Final Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Steam Electric Power Generating Industry. Fact Sheet. Office of Water EPA-821-F-15-004, September 2015.

**22 ANEXO N° 12: Memo 5 - Memo Providing Responses to Questions
Posed by Inodu on October 29, 2015**

TO: DONNY HOLASCHUTZ
CONSULTANT
INODU

FROM: TIM HOGAN
PRINCIPAL BIOLOGIST
ALDEN RESEARCH LABORATORY, INC.
30 SHREWSBURY STREET
HOLDEN, MA 01520

SUBJECT: MEMO PROVIDING RESPONSES TO QUESTIONS POSED BY INODU ON OCTOBER 29, 2015

DATE: DECEMBER 10, 2015

Introduction

This memo provides responses to questions posed by INODU during a conference call and subsequent email on October 29, 2015.

What should a reasonable study contain in order to demonstrate that the intake withdrawal location is adequate or inadequate?

The following list constitutes the process and components of a defensible evaluation designed to demonstrate the benefit of intake location for reducing impacts:

- Research available data (such as physical data, Eulerian and Lagrangian currents, winds, tides, bathymetry, etc.)
- Meet with agency/group responsible for existing sampling efforts
- Select species of interest
 - Selection of species will identify time of year sampling is required – based on spawning periods
- Sample for eggs, yolk-sac larvae, post-yolk-sac larvae, and early juveniles
 - Fish, shellfish and brachyuran crustaceans only
 - Note: phytoplankton, microzooplankton and macrozooplankton will never be adversely affected by power plant operations.
- Select gear type
 - 0.5-m net or 1.0-m net
 - Single net or bongo net
 - Include epineustonic net (floating net)
 - 200 μ , 350 μ , or 500 μ mesh - 350 μ is typical in U.S.
- Select sampling stations
 - Onshore (e.g., 15 foot depth)
 - Existing intake location (e.g., 30 foot depth)
 - Offshore (e.g., 50 foot depth) – including a station farther offshore is recommended if considering moving intake farther offshore to reduce impacts
 - Centerline of intake location
 - Near-field (e.g., 0.5 mile from centerline, north and south)

- Far-field (e.g., 5.0 miles from centerline, north and south)
- Select sample volume – based on expected organism densities
- Select sample duration (5, 10, 15, or 30 minutes) – based on net sampling area and target sample volume
- Select sampling depth(s) (e.g. surface mid-depth, and/or bottom)
- Sample both day and night to discern diel variations
- Select number of replicates required for statistical analysis
- Select number of years of sampling required – typically two years recommended to account for natural interannual variation
- Develop field standard operating procedures (SOP) including quality assurance (QA) program
- Develop laboratory SOPs including quality control (QC) program
- Develop standard analytical program (SAP). A SAP is the overall sampling program with which the data are collected, managed, QA/QC'd, analyzed, and reported. It typically includes the following components:
 - The date, exact place, and time of sampling or measurements;
 - The individual(s) who performed the sampling or measurements;
 - Chain of custody forms;
 - The date(s) analyses were performed;
 - The individual(s) who performed the analyses;
 - Quality control procedures for data verification;
 - The analytical techniques or methods used; and
 - The results of such analyses.

**What is practical to prevent from being entrained and why (larvae, zooplankton, phytoplankton)?
How did the EPA address this?**

The two practical limitations to screening out very small components of the plankton (e.g., phytoplankton) are as follows:

1. Intakes utilizing mesh sizes that would be required to screen out the smallest organisms (i.e., anything smaller than 0.5 mm) are not feasible because there are few/no vendors of intake screening mesh that size and head loss through mesh of that size would be high. Small mesh screens would be prone to fouling very quickly, so them clean and in good working order would be very difficult and likely require very intensive maintenance.
2. Estimating the impact of losses of phytoplankton to entrainment through a cooling system would be very complex. Population modeling approaches exist for fish larvae, but I am not aware of any population models that exist which can convert phytoplankton to an equivalent number of adult fishes on which a dollar value can be placed.

No language from EPA could be found relative to this topic.

What is acceptable in terms of measuring or estimating velocity?

In the recently promulgated §316(b) regulations for existing facilities (Existing Facilities Rule) the Environmental Protection Agency (EPA) included two compliance alternatives for meeting

impingement mortality reduction compliance requirements with a 0.5 ft/sec through-screen velocity. Compliance Alternative 2 uses the design intake flow (DIF) to calculate the design intake velocity (DIV) while Compliance Alternative 3 uses the actual intake flow (AIF) to calculate the actual intake velocity (AIV).

The water level used for the selected water body types and their definitions included in the Phase I Rule are:

- *Freshwater streams or rivers – the water level associated with the 7Q10 flow should be used. The 7Q10 flow is the lowest average 7 consecutive day low flow with an average frequency of one in 10 years determined hydrologically.*
- *Lake or Reservoirs – conservation pool should be used. The conservation pool is the minimum depth of water needed in a reservoir to ensure proper performance of the system relying upon the reservoir.*
- *Estuaries and Ocean – mean low tidal level should be used. The mean low tidal water level is the average height of the low water over at least 19 years.*

Velocity verification monitoring is required when using the AIV alternative; but, is not a requirement when using DIV because it is calculated by dividing the DIF by the effective open area of the screen. Using DIV also eliminates the uncertainty associated with calculating or measuring intake velocity under variable water levels and debris loading conditions that are outside of the station operator's control.

The DIF is the maximum intake flow assigned during the design of a facility. EPA does allow facilities to adjust the DIF based on permanent flow reductions and physical limitations of the piping that have occurred since the original facility design.

The DIF can be estimated from the system and pump curves for the cooling, circulating, service, spray wash or other withdrawals within the CWIS. A system curve is a graphical representation of the relationship between discharge and head in a piping system and a pump curve is a graphical representation of a pump's performance characteristics. The system and pump curves are independent of each other, but when combined, provide the operation point (head and flow) within the system. The operating point is where the system and pump curves cross. A simplified system/pump curve is presented in Figure 2 below.

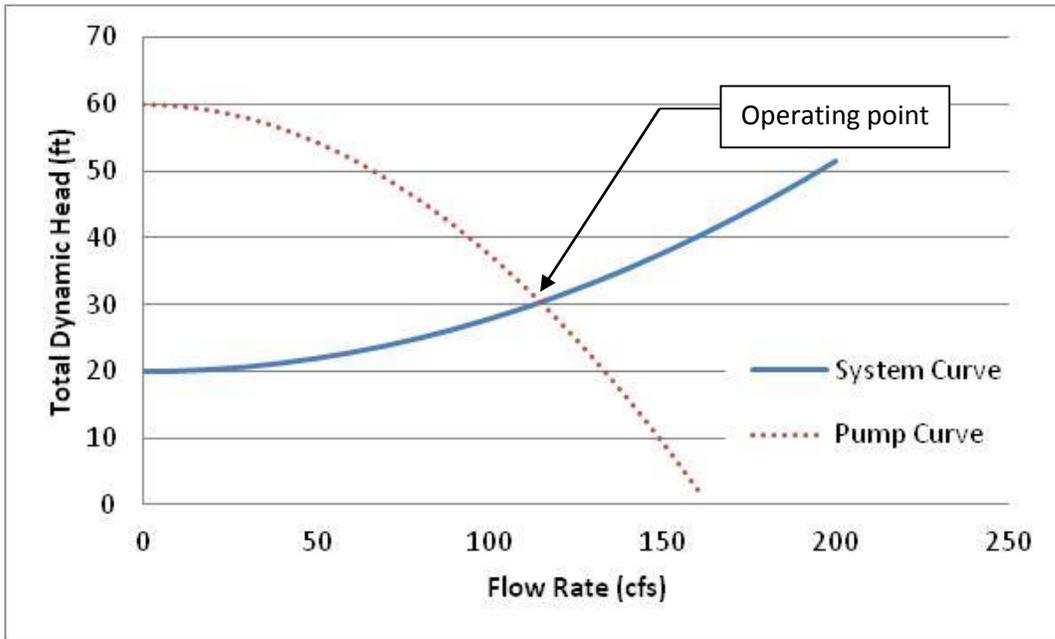


Figure 2. Example of a system and pump curve.

The system and pump curves discussed above represent design curves. Changes in pipe friction as a result of wear and equipment changes can cause the actual system curve to be different than the design curve. The pump curves may also not be representative of current conditions; this is especially true for pumps that have been installed for a long time and may no longer meet their design specifications. At facilities where there have been changes to the circulating water system or flow monitoring indicates that the design conditions are not representative of the existing operating conditions, it may be beneficial to develop new system and pump curves based on the existing design and operating conditions.

Design of intakes varies significantly and most intakes do not have a uniform distribution of flow through the screen face. Hydraulic modeling is required to understand the true velocity distribution at a given intake. However, for most intakes, hydraulic modeling data is not available and, therefore, the velocity calculation is based on the total wetted screening area and intake flow rate, which provides an average velocity. This total wetted screening area/intake flow rate method is valid for both approach and through-screen velocity calculations.

A compliance velocity based on an approach velocity (and not a through-screen velocity) would allow a facility more flexibility in meeting its screening needs while reducing uncertainty.

Finally, as acknowledged by EPA in this discussion and discussed below, measuring through-screen velocity can be problematic:

“Actual through-screen intake velocity can be measured directly. However, after further discussion with vendors, EPA is aware that some sites may have difficulty measuring through-screen velocity (DCN 11-6602). EPA is considering rule language clarifying that velocity may be calculated from a facility’s actual intake flow rate (AIF), the screen open face

area, and the source water surface elevation at the time of flow measurement. (If there is no screen, the opening of the intake is the open face area.)” (77 Fed. Reg. at 34320).

EPA is underestimating the difficulty associated with measuring through-screen velocity. We are not aware of any method to directly measure through-screen velocity of 0.5 ft/sec with a 3/8-inch screen mesh or smaller. This is reinforced by EPA’s consultants’ statement in DCN 11-6602 that “There is no available method to directly measure through-screen velocity.”

Also, EPA is not clear in its discussion of the appropriate point of compliance. EPA states:

“... the calculated velocity would reflect the maximum intake velocity as water passes through the structural components of a screen, measured perpendicular to the screen mesh. If the intake does not have a screen, EPA assumes that in most cases the maximum intake velocity is perpendicular to the opening of the intake.” (77 Fed. Reg. at 34320).

Both the DIV and AIV methods require that the facility demonstrate that the maximum intake velocity as the flow passes through the structural components of a screen (measured perpendicular to the screen mesh) does not exceed 0.5 ft/sec. This definition is analogous to through-screen velocity for determining compliance. The intake flow rate and effective screen open area are needed to calculate through-screen velocity. However, the 0.5 ft/sec velocity criterion can be exceeded during brief periods of time under extreme conditions or for the purpose of maintaining the CWIS. Any exceedance must have the Directors approval. A cooling water intake structure (CWIS) designed to meet either the DIV or AIV criterion should include design and operational measures to maintain the screen in a clean condition, preventing the intake velocity from exceeding 0.5 ft/sec.

Alden recommends using DIF/DIV as a compliance approach given the technological challenge of measuring 0.5 ft/sec as would be required if using the AIF/AIV approach. Using the calculated velocity in the DIF/DIV approach ensures that any transient hydraulic phenomena (e.g., wave swells) will not result in an episode of non-compliance.

References

National Pollutant Discharge Elimination System: Regulations Addressing Cooling Water Intake Structures for New Facilities; Final Rule. Federal Register 66 (18 December 2001). 65256-65345.

National Pollutant Discharge Elimination System - Amendment of Final Regulations Addressing Cooling Water Intake Structures for New Facilities. Federal Register 68 (19 June 2003). 36749-36755.

National Pollutant Discharge Elimination System - Final Regulations To Establish Requirements for Cooling Water Intake Structures at Existing Facilities and Amend Requirements at Phase I Facilities; Final Rule. Federal Register 79 (15 August 2014). 48300-48439.

23 ANEXO N° 13: Memo 6 -Termoclina y Velocidades de Captación

Termoclina y velocidades de captación.

El aumento de la demanda energética en Chile en los últimos años ha promovido el desarrollo de proyectos termoeléctricos (Cárcamo *et al.* 2011), y también proyectos de desalinizadoras de agua de mar (Directemar, 2015), es así como en esta última década un importante número de proyectos que contemplan uso industrial de agua de mar ha sido ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) conforme a la legislación vigente ([http:// www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)).

Con el uso industrial de agua de mar surgen problemas asociados a la interacción entre los organismos y las estructuras de captación en el ambiente subacuático destinadas para tales propósitos. Los impactos más recurrentes son los relacionados con el atrapamiento y subsecuente mortalidad de los organismos de mayor tamaño contra las rejillas de la estructura de captación (*impingement*), y también la entrada de organismos de menor tamaño (principalmente estadios larvales de recursos hidrobiológicos), que traspasan la rejilla de la estructura de captación (*entrainment*) hacia el proceso industrial, lo que genera mortalidad la componente biológica, que en el caso de los procesos de desalinización es de un 100% (Hogan, 2012).

En este contexto, surge la necesidad de disponer de un plan de acción necesario para mitigar dichos impactos y evitar así el ingreso masivo de biomasa al sistema de captación. Uno de ellos hace mención a la profundidad donde podrían ser instaladas las estructuras de captación o aducción de agua de mar. Un estudio realizado por Vásquez *et al.* (2008) que lleva por título “*Análisis de los Potenciales Efectos Ambientales de la Operación de proyectos Termoeléctricos en ambientes marinos de la Cuarta Región*”, establece (cita textual en cursiva): “*La profundidad donde se minimice el efecto de arrastre depende puntualmente de la localización y condiciones oceanográficas*”, y agrega “*sin embargo, un buen criterio es establecer la aducción a una profundidad mayor que aquella que se encuentre en la termoclina*”.

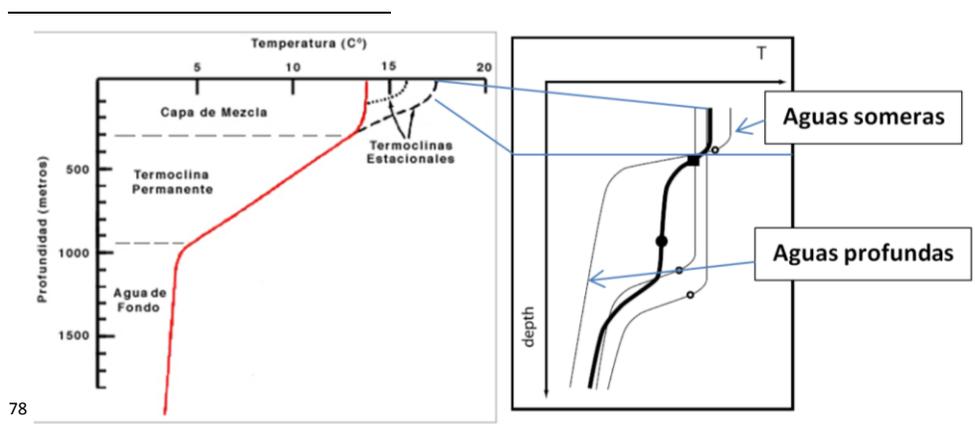
Por lo tanto, la ubicación de la profundidad de la termoclina⁷⁷ quedaría expuesta y condicionada a estos episodios dinámicos que dependen de las condiciones oceanográficas del lugar de emplazamiento de las estructuras de captación. Es una termoclina de carácter

⁷⁷ Termoclina: capa en un cuerpo de agua donde la temperatura es mayor por unidad de profundidad o donde el descenso de la temperatura es igual o superior a 1 °C por metro de profundidad (gradientes térmicos >1°C/m; Bell, 1990).

estacional⁷⁸ que puede o no definirse en la banda costera donde se instalan estos dispositivos subacuáticos para captación (cerca a la costa y en lugares poco profundos, por lo general < 30 m), donde los forzantes físicos (i.e. viento, oleaje) interactúan con la geomorfología del lugar generando movimientos de parcelas de agua que pueden afectar los patrones de distribución y abundancias de organismos planctónicos en la columna de agua (Henríquez *et al.* 2007). Esta dinámica física costera genera cambios y variaciones en la estructura térmica de la columna de agua en escalas espacio-temporales breves, provocando la ocurrencia de episodios de estratificación y/o mezcla de la columna de agua (Henríquez *et al.* 2007).

En el Anexo A se proporciona un análisis de la distribución espacial de la profundidad de la capa de mezcla de la columna de agua en función de la climatología (Monterey & Levitus, 1997), donde se demuestra que en aguas someras prevalece la ocurrencia de capa de mezcla por sobre la estratificación y presencia de una termoclina estacional.

La necesidad de captar bajo la termoclina para evitar el efecto de ingreso masivo de biomasa zooplanctónica, es un argumento y una recomendación que conllevaría al supuesto que en sectores costeros la distribución de organismos en la columna de agua es restringida sólo a los estratos superficiales o que se encuentra estratificada con respecto a la termoclina, situación que ha demostrado no ser así. Gray & Kingsford, 2003 presentan evidencia donde la termoclina no se considera una barrera física o interfaz importante para las interacciones tróficas en zonas costeras, es más, argumentan que las termoclinas no son críticas para la supervivencia de estadios larvales de peces en aguas costeras relativamente poco profundas y que se caracterizan por procesos oceanográficos dinámicos donde las perturbaciones en la posición e intensidad de las termoclinas son frecuentes. Por lo tanto, la termoclina no siempre se considera un buen predictor de la distribución vertical de las larvas (por ejemplo, larvas de peces), ya que el comportamiento de dichas larvas es un



78

Perfil vertical tipo de temperatura. (Fuente: http://www7.uc.cl/sw_educ/geo_mar/html/h332.html y Kara *et al.*, 20003). La diferencia existente entre lo que se conoce como la termoclina estacional y permanente, ya que la primera puede o no definirse en la banda costera (e.g. sectores de emplazamiento de estos proyectos), y la segunda es característico de zonas oceánicas

atributo de mayor influencia para determinar sus distribuciones verticales y horizontales en estos ambientes (Gray 1996).

En este mismo sentido, algunas larvas de crustáceos que también tienen conductas natatorias, presentan una conducta similar, donde experimentalmente se ha demostrado que la presencia de termoclinas y haloclinas no alteran el patrón de distribución de dichas larvas (McConnaughey & Sulkin, 1984), y se ha podido documentar que los primeros estadios larvales (zoeas) de crustáceos pueden penetrar fácilmente en capas de termoclina (Gadner *et al.* 2004). Se estima entonces que la captación de agua de mar por debajo de la termoclina no representa un criterio relevante para evitar el ingreso por arrastre o succión de organismos acuáticos por parte de aquellos proyectos que contemplan captación de agua para procesos industriales.

El atributo que subyace a la distribución de los organismos en la columna de agua es la conducta natatoria activa que presentan en este tipo de ambiente, donde además de mostrar patrones de comportamiento que influyen en su desplazamiento, presentan una gran variedad de tamaños. Esto último es relevante ya que el tamaño relativo de los organismos acuáticos, en relación a la velocidad del fluido donde ocurren, va a determinar si el organismo experimenta fuerzas viscosas o turbulentas (Mann & Lazier 2006). En este sentido, el rango de velocidades en las cuales se mueven los organismos en el medio queda determinada por el equilibrio entre la fuerza de gravedad y la viscosidad del fluido (Pasquero *et al.* 2003). En este contexto, otra de las recomendaciones para mitigar los efectos e impactos sobre el atrapamiento de organismos acuáticos (*impingement*) tiene relación con la velocidad de captación de agua, proponiendo y recomendándose una velocidad umbral de captación 15 cm s^{-1} (EPRI, 2000 y EPRI 2000 (b)⁷⁹), velocidad que tendría un riesgo bajo de causar efectos adversos en el atrapamiento de diversas especies en distintas etapas de desarrollo con el objeto de evitar el ingreso de estadios larvales tempranos de recursos hidrobiológicos. Al respecto, los principales estadios larvales que representan recursos biológicos poseen una capacidad natatoria superior a este umbral, por ejemplo, las larvas de peces de arrecifes poseen en algunos casos velocidades natatorias que superan los 65 cm s^{-1} (Bellwood & Fisher, 2001). De la misma forma, se ha podido cuantificar experimentalmente que los estadios pre-reclutas (megalopa) de crustáceos pueden nadar a $8,5 \text{ cm s}^{-1}$ en aguas con flujos mínimos, alcanzando los $44,8 \text{ cm s}^{-1}$ nadando contra la corriente a velocidades de flujo de 40 cm s^{-1} (Fernandez *et al.* 1994). Se puede inferir que el umbral definido de 15 cm s^{-1} para la captación de agua está en el orden que puede mitigar ampliamente los impactos asociados a estas actividades industriales que requieren la utilización de importantes volúmenes de agua de mar.

Referencias bibliográficas citadas

⁷⁹ Recomendación de la EPRI (*Electric Power Research Institute*) en el ámbito de la Norma EPA 316 (b).

Bellwood D.R. & Fisher R. 2001. Relative swimming speeds in reef fish larvae. *Marine Ecology Progress Series* 211: 299-303.

Bell M. C. 1990. Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria. U.S. Army Corps of Engineers, North Pacific Division. Fish Passage Development and Evaluation Program. Third edition.

Cárcamo P.F., Cortéz M., Ortega L., Squeo F.A. & Gaymer C.F. 2011. Crónica de un conflicto anunciado: Tres centrales termoeléctricas a carbón en un hotspot de biodiversidad de importancia mundial. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 171-180.

EPRI, 2000. Technical Evaluation of the Utility of Intake Approach Velocity as an Indicator of Potential Adverse Environmental Impact under Clean Water Act Section 316(b). 1000731.

EPRI, 2000b. Technical Evaluation of the Utility of Intake Approach Velocity as an Indicator of Potential Adverse Environmental Impact under Clean Water Act Section 316(b). EPRI.

Fernandez M, Iribarne O.O & Armstrong D.A. 1994. Swimming behavior of Dungeness crab, *Cancer magister* Dana, megalopae in still and moving water. *Estuaries* 17: 271-275.

Gray C.A. 1996. Do Thermoclines Explain the Vertical Distributions of Larval Fishes in the Dynamic Coastal Waters of South-eastern Australia? *Marine and Freshwater Research* 47 (2) 183-190.

Gray C.A. & Kingsford M.J. 2003. Variability in thermocline depth and strength, and relationships with vertical distributions of fish larvae and mesozooplankton in dynamic coastal waters. *Marine Ecology Progress Series* 247: 211-224.

Gadner C., Maguire G.B. & Williams H. 2004. Effects of water temperature and thermoclines on larval behaviour and development in the giant crab *Pseudocarcinus gigas* (Lamarck). *Journal of Plankton Research* 26: 393-402.

Hogan T. 2012. Intake design for minimising debris blockages and impacts to fish. Alden Resear Laboratory Inc. Technical paper. 3 rd International Congress on Water Management in the Mining Industry 6-8 June 2012. Santiago, Chile.

Henríquez L.A., Daneri G., Muñoz C.A., Montero P., Veas R. & Palma A.T. 2007. Primary production and phytoplanktonic biomass in shallow marine environments of central Chile: Effect of coastal geomorphology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73: 137-147.

Kara, A. B., P. A. Rochford, and H. E. Hurlburt (2003), Mixed layer depth variability over the global ocean, *J. Geophys. Res.*, 108, 3079, doi:10.1029/2000JC000736, C3.

Pasquero C., Provenzale A. & Spiegel E. 2003. Suspension and Fall of Heavy Particles in Random Two-Dimensional Flow. *Physical Review Letters* 91

McConnaughey R.A. & Sulkin S.D. 1984. Measuring the effects of thermoclines on the vertical migration of larvae of *Callinectes sapidus* (Brachyura: Portunidae) in the laboratory. *Marine Biology* 81: 139-145.

Mann K.H. & Lazier J.R.N. 2006. *Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-Physical Interaction in the Oceans. Second Edition.* Blackwell Science, Inc. 394 pp.

Monterey, G. and Levitus, S., 1997: *Seasonal Variability of Mixed Layer Depth for the World Ocean.* NOAA Atlas NESDIS 14, U.S. Gov. Printing Office, Wash., D.C., 96 pp. 87 figs.

Vásquez *et al.* 2008. “Análisis de los potenciales efectos ambientales de la operación de proyectos termoeléctricos en ambientes marinos de la cuarta región”. Universidad Católica del Norte. 338 pp.

SEIA. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental ([http:// www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl))

24 ANEXO Nº 14: Memo 7 –The Performance Impacts of Retrofitting an Existing Once Through Cooling System with a Closed Loop Cooling Tower

TO: DONNY HOLASCHUTZ
CONSULTANT
INODU

FROM: CARL BOZZUTO

SUBJECT: THE PERFORMANCE IMPACTS OF RETROFITTING AN EXISTING ONCE THROUGH COOLING SYSTEM WITH A CLOSED LOOP COOLING TOWER

DATE: DECEMBER 10, 2015

From a performance point of view, once through cooling applied to the condenser of a steam power plant is the most efficient choice of cooling, particularly when adequate water supplies are available. For this reason, once through cooling has been the system of choice for ocean locations. In a typical once through cooling system, water from the ocean at prevailing sea water temperature is pumped through the condenser tubing, providing cold water to condense the steam on the outside of the tubes. Since the steam entering the condenser is relatively pure, the pressure in the condenser is directly related to the vapor pressure of water at the prevailing temperature of the cooling water going through the condenser tubes. This vapor pressure sets the back pressure on the steam turbine. In turn, the back pressure on the steam turbine impacts the power output of the turbine.

In its simplest form, the power output from a turbine device can be obtained by integrating the Ideal Gas Law.

$$PV = nRT \quad (1) \text{ Ideal Gas Law}$$

$$\text{Power output} = nRT \ln (P_{in}/P_{out}) \quad (2) \text{ Power output of a turbine}$$

As can be seen from equation (2), the power output is proportional to the natural logarithm of the pressure ratio of the turbine. When the cooling water temperature increases, the vapor pressure inside the condenser increases, leading to a higher back pressure on the steam turbine (P_{out}). This increased pressure reduces the pressure ratio and leads to a lower output from the steam turbine.

With once through cooling, relatively cold water from the ocean can be used to operate the condenser. As an example, a Valparaiso Chile, the current average sea water temperature is 57 F (13.9 C). Using a 14 C temperature increase through the condenser, the outlet temperature would be 82 F (27.9 C). As a simplification, the average temperature (69.5 C) can be used to estimate the

vapor pressure in the condenser, in this case about 0.35 psia. A typical subcritical steam turbine system operates the low pressure turbine starting at 175 psia. Therefore, the log of the pressure ratio would be:

$$\ln(175/0.35) = 6.2 \quad (3) \text{ once through cooling}$$

When a cooling tower is utilized, the water temperature is limited by the wet bulb temperature of the air being used to operate the cooling tower. The cooling tower efficiency is typically around 70%. This efficiency is defined as follows:

$$\text{Tower efficiency} = (T_{\text{in}} - T_{\text{out}})/(T_{\text{in}} - T_{\text{wetbulb}}) = 70\% \quad (4) \text{ Tower efficiency}$$

For a typical 75 F (23.9 C) day, with a wet bulb temperature of 59 F (15 C), the cooling tower will be operating in a closed loop where the water temperature will build up. Using 95 F (35 C) as a first “guess” at the outlet of the condenser (equivalent to the inlet to the cooling tower, or T_{in}), the cooling water temperature from the cooling tower can be estimated (T_{out}).

$$(95 - T_{\text{out}})/(95 - 59) = 0.70 \quad (5) \text{ cooling water temperature}$$

$$T_{\text{out}} = 69.8 \text{ F (21 C)}$$

If the same 14 C temperature increase were assumed through the condenser, the outlet temperature of the condenser would be 95 F (35 C). Since this condenser outlet temperature matches that used in equation (5), no further iteration is needed. The average temperature in the condenser would now be 82.4 F (28 C). The vapor pressure of water at that temperature is 0.54 psia. The log of the pressure ratio is then:

$$\ln(175/0.54) = 5.8 \quad (6) \text{ cooling tower}$$

This represents a loss of power from the low pressure turbine of 6.7%. Since the low pressure turbine produces about 82% of the total power in a typical subcritical steam cycle, the loss of power would be about 5.5% overall. This is a considerable penalty for a power plant. The following table shows the power losses for various cases in Chile:

| | Mejillones | Quintero | Coronel |
|---|------------|----------|---------|
| Wetbulb Temperature (1%) | 20 °C | 18,5 °C | 19,5 °C |
| Dry Bulb Temperature (1% Wet Bulb) | 24 °C | 24 °C | 25 °C |
| Relative Humidity (1% Wet Bulb) | 70% | 59% | 60% |

| | | | |
|---|----------|----------|----------|
| Water Available | Ocean | Ocean | Ocean |
| Water Quality | 34,4 g/l | 34,4 g/l | 34,4 g/l |
| Average Water Temperature | 17 °C | 15 °C | 14 °C |
| Power Loss for 10 °C Temperature Increase | 5.74% | 6.15% | 7.87 |
| Power loss for 30 °C Discharge Temperature | 7.05% | 7.87% | 9.51% |

From an operating point of view, the cooling tower will need make up water (to replace the water that is evaporated) and blowdown (to prevent unacceptable buildup of dissolved solids). For every pound of steam that is condensed in the condenser, one pound of cooling water must be evaporated in the cooling tower. Since the evaporation and the condensation are carried out at similar temperatures, the latent heat of vaporization is approximately the same in both devices. For every pound of steam that is condensed in the condenser, 40 pounds of cooling water are required using a 14 C increase in cooling water temperature through the condenser.

In the once through cooling water case, the 40 pounds of sea water entered the condenser at 57 F and exited at 82 F and returned to the ocean. In the case of the cooling tower, 40 pounds of water from the cooling tower enters the condenser at about 70 F and exits the condenser at 95 F and returns to the cooling tower. In the cooling tower, one pound of water is evaporated and must be made up. Thus, one pound of water still must come from the ocean and flow to the cooling tower.

Since water is being evaporated in the cooling tower, the dissolved solids concentration will increase. In order to keep that buildup from becoming too great, a portion of the cooling tower water will have to be removed from the system and discarded, with a higher dissolved solids concentration. Typically, sea water has a dissolved solids concentration of 40,000 ppm (ie salt water). The dissolved solids concentration cannot be increased without limit do to the corrosive nature of the salt water and the potential for precipitation and deposits of certain salts when the concentration gets high enough.

Assume that the concentration of dissolved solids can be allowed to reach 100,000 ppm (a concentration ratio of 2.5 times). The solids entering the cooling tower must be equal to the solids leaving at steady state operation. The water stream that goes to the condenser and returns presents no net input or output of solids. The makeup water of one pound of water carries 40,000 ppm of input solids. Therefore, 0.4 pounds of water must be withdrawn from the system at 100,000 ppm to balance the solids input and output. Of course this additional discharge of water must be replaced by more sea water input. The actual replacement water tends to run closer to 2 pounds of makeup water with nearly 1 pound of evaporation and 1 pound of blowdown. From the ocean point of view, the cooling tower only removes 2 pound of water from the ocean, but returns only 1 pound of water at a temperature of 70 F rather than 82 F, but with 100,000 ppm of dissolved solids. The one pound of water that is evaporated is lost to the system.

When an existing power plant with a once through cooling system is to be retrofitted with a “closed loop” system such as a cooling tower, the condenser and the steam turbine are not modified. The steam turbine will expand the same amount of steam. The condenser will condense roughly the same amount of steam. The water flow rate through the condenser will be about the same. The temperature rise of the cooling water will be about the same. What changes are the inlet and outlet temperatures of the cooling water and the subsequent impact on the pressure level in the condenser and, hence, the last stage of the steam turbine. When the average temperature in the condenser goes up due to warmer cooling water, the vapor pressure of the water in the condenser goes up. This increase in pressure feeds back to the steam turbine (back pressure) and limits the turbine’s ability to expand the steam any further. Thus, the retrofit requires additional equipment, but does not require modifications to the steam turbine or the condenser.

From an equipment point of view, the same intake structure can be used, but with the amount of water withdrawal reduced from 40 pounds per pound of steam to 2 pounds per pound of steam. The original pump will be way oversized for this purpose and will need to be relocated so as to pump water from the base of the cooling tower over to the condenser. A new pump will be needed to withdraw the makeup water from the ocean. The existing water return pipe must be rerouted to the cooling tower. A new return line must be run from the cooling tower back to the ocean. Another new pump must be supplied to move that water. At the cooling tower itself, the water must be pumped from the basin beneath the spray zone up to the spray level and through the spray nozzles. Depending upon the type of cooling tower that is selected (mechanical or natural draft), a number of pumps will be needed for this purpose. Further, if a mechanical draft tower is selected, fans are used to move the air through the tower. These fans also require horsepower. The additional horsepower requirements for these added pumps and fans further detracts from the power output of the plant.

There are two basic ways to deal with the reduced output of the plant. The first is to just accept the reduced power output and run the plant at the same fuel flow as before the retrofit. With this approach, the absolute amount of emissions does not increase. However, the heat rate of the plant deteriorates. The cost per Kwhr increases, as does the emissions per Kwhr. If the plant is on economic dispatch (ie not a “must run” plant), it will move up the dispatch curve and be called upon for generation somewhat less than before the retrofit.

The other approach is to burn more fuel in an effort to generate more power to make up for the amount of power that was lost. In this case, total emissions will increase over the level that was prevalent before the conversion. When more fuel is burned, more air is needed for combustion. There will be more products of combustion, which means a higher gas flow through the boiler. This additional air and higher gas flow will require additional horsepower from the FD and ID fans.

If the unit in question is a coal fired unit, additional pulverizer horsepower will be required. Further, the SO₂ scrubber will see a higher gas flow entering. The scrubber requires a design liquid to gas

ratio, which implies a higher liquid flow rate to the scrubber. That, in turn, requires more horsepower to pump the liquid up to the scrubber in order to maintain performance. Further, with the additional gas flow, there will be more SO₂ emissions, which will require more additive for SO₂ removal. Likewise, for NO_x control, there will be additional requirements for more ammonia spray to reduce the NO_x back to N₂ and water vapor. These additional flows all require more auxiliary power, which further reduces the plant output. The heat rate is further degraded, which moves the unit further out the dispatch curve. The net impact of these actions is to reduce the overall capacity factor of the unit. This impacts both capital and operating costs. The impact on capital cost comes from the fact that whatever capital was spent on the plant is being spread over fewer Kwhrs. The impact on operating costs is that it cost more fuel, additives, chemicals, and labor costs to make the same Kwhr.

In summary, the conversion of a once through cooling system to a closed loop cooling system for an ocean location power plant imposes significant costs in terms of performance, operation, and, ultimately, cost of electricity.

25 ANEXO N° 15: Memo 8 - Entrainment Study Components Memo

TO: DONNY HOLASCHUTZ
CONSULTANT
INODU

FROM: TIM HOGAN
PRINCIPAL BIOLOGIST
ALDEN RESEARCH LABORATORY, INC.
30 SHREWSBURY STREET
HOLDEN, MA 01520

SUBJECT: ENTRAINMENT STUDY COMPONENTS

DATE: DECEMBER 10, 2015

Introduction

Entrainment studies can be designed to collect data for two principal objectives: 1) to characterize the entrainment of early life stages in the cooling water flow and 2) to assess the impact of entrainment on the population. This memo describes the components of a well-designed entrainment study which would achieve both of the above-stated objectives.

Review Available Data

Quite often, there are available data on entrainment from the facility in question, the source waterbody, or from a nearby facility with a similar intake. Reviewing available data is always the best place to start to ensure that there is sufficient cause to collect new data. Engaging the resource agencies and academic institutions is advised, as these groups may have data (collected for a different purpose) that can be useful. Reviewing available data can also help in identifying the representative important species (commercially, recreationally, or ecologically-important) within the waterbody or at facility intake.

Once the representative important species have been identified, their life history information can be used to dictate when sampling must occur. The life stages that are at risk of entrainment are typically only available during certain times of the year (i.e., during spawning). Therefore knowing which species and life stages are of the greatest concern will dictate when the greatest sampling effort must be focused. For instance, if the target species are only present during the spring spawning period, the sampling intensity during the spring will be greater than during the other months of the year.

Engage Stakeholders

Before designing an entrainment study, facilities are advised to engage the stakeholders to ensure that the study is adequately designed to answer the questions that have been posed. Entrainment sampling is often required by permit to assess the impacts of the intakes, though having a full view of what the concerns are (e.g., one important species or multiple? presence of threatened or endangered species in the source waterbody?) will aid in designing the most effective study from a stakeholder's perspective.

Study Design

The following are the details of the study design that must be considered:

- Select gear type
 - Plankton nets
 - 0.5-m net or 1.0-m net
 - Single net or bongo net
 - 200 μ , 350 μ , or 500 μ mesh - 350 μ is typical in U.S.
 - Pumps
- Select sample volume – based on expected organism densities; 100 m³ is typical of many U.S. studies
- Select sample duration (5, 10, 15, or 30 minutes) – based on net sampling area and target sample volume or based on pumping rate
- Select sampling stations
 - Upstream of intake screens, from within cooling water conduit (e.g., behind screens, from condenser box tap), or at discharge
 - Depths (multiple depths if stratification is expected)
 - Ambient sampling stations in the source waterbody (if intending to assess impacts of entrainment on ambient populations)
 - Near-field (e.g., 0.8 km (0.5 mile) from centerline, north and south)
 - Far-field (e.g., 8 km (5.0 miles) from centerline, north and south)
- Sample both day and night to discern diel variations
- Select number of replicates required for statistical analysis – i.e., conduct a power analysis to determine the number of replicates required
- Select number of years of sampling required – typically two years are recommended to account for natural interannual variation
- Develop field standard operating procedures (SOP) including quality assurance (QA) program
- Develop laboratory SOPs including quality control (QC) program
- Develop standard analytical program (SAP)

Conduct Study

Sampling should be conducted as designed above; any variations from the proposed sampling schedule should be noted. During sampling, the following data should be collected:

- Intake flow
- Environmental conditions (e.g., water temp, salinity, dissolved oxygen, wind, wave heights)
- Sampling start and end time
- Sampling location (GPS coordinates and depth)

Samples should be fixed and preserved in accordance with how the samples will be processed. For example, if samples may undergo DNA analysis, alcohol would be used instead of formalin.

Strict quality assurance/quality control protocols should be followed and chain-of-custody of the samples and sample collection datasheets should be evident.

Data Analysis

After the samples have been collected, they must be processed by a qualified laboratory. Processing of the entrainment samples involves sorting the organisms from the debris, identifying the organisms, enumerating the organisms, and calculating the density of organisms in the sample. Organisms are typically identified to the lowest taxon practicable using a dissecting microscope. However, if the intake draws from an area where threatened or endangered species may exist, DNA analysis may be required to determine if such species are present in the entrainment samples. As stated previously, engendering a good relationship with the resource agencies and other stakeholders will aid in determining whether individual species are of concern and, therefore, whether DNA analysis is required in the processing of samples.

Reporting

The entrainment characterization data must be described in a final Entrainment Characterization Report. The report should describe the existing historical entrainment data (if available), the study design, methods, results, and the data analysis. Sampling data are used to estimate total annual entrainment and entrainment mortality. Entrainment mortality is generally assumed to be 100% in the absence of any empirical data to the contrary.

If assessing the impact of entrainment is part of the study, a description of the method used (adult equivalents lost, production foregone, fecundity hindcast, or conditional mortality) should be included.

The final report should include any credits being sought for any existing entrainment reduction technologies (e.g., intake location/design). Empirical data collected during the study can support the claim that existing technologies currently provide a benefit to entrainment-sized organisms.

26 ANEXO Nº 16: Uso de Agua en la Minería

Basado en antecedentes facilitados por Cochilco, a continuación se presentan algunas gráficas y estadísticas que reflejan el uso de agua en la industria minera.

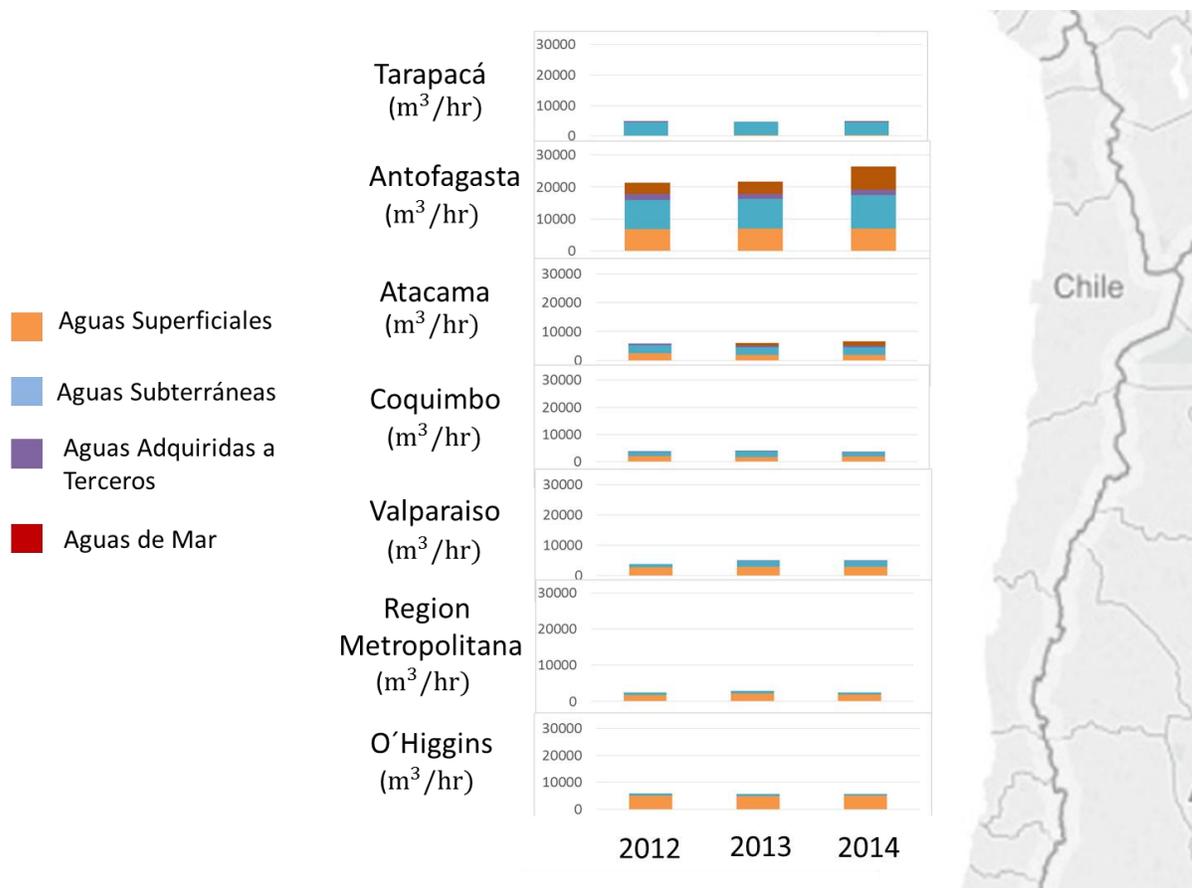


Figura 29 – Retiro de Agua en la Minería por Región (Comisión Chilena del Cobre, Actualización Abril 2015) ⁸⁰

⁸⁰ Las **aguas superficiales** son aquellas que corren por cauces naturales como vertientes, esteros, ríos y quebradas, o se encuentran acumuladas en depósitos como lagos, lagunas, pantanos, ciénagas, y/o embalses.

Las **aguas subterráneas** son aquellas que están ocultas bajo tierra, almacenadas en acuíferos o embalses subterráneos que requieren de labores previas de exploración.

Las **aguas adquiridas a terceros** hace referencia a un contrato con terceros donde se compra el agua directamente.

El **agua de mar** corresponde a toda agua de mar que es extraída desde la costa, ésta tiene dos vías posibles, ya sea utilizada directamente en los procesos o previa desalinización.



Figura 30 – Uso de Agua en la Minería (Comisión Chilena del Cobre, Actualización Abril 2015) .

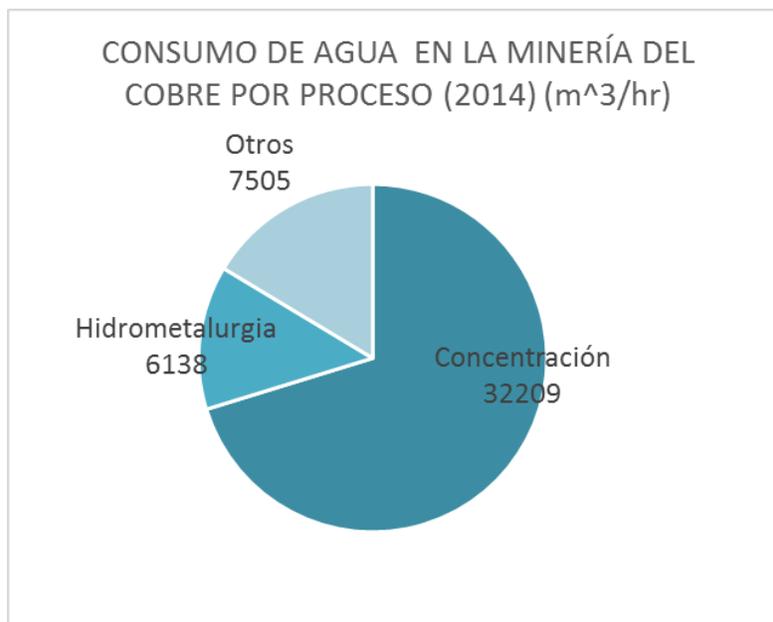


Figura 31 – Consumo de Agua por Proceso en la Minería (Comisión Chilena del Cobre, Actualización Abril 2015) .

Durante el desarrollo del proyecto se realizó una encuesta a distintos actores del sector minero para levantar el retiro de agua de distintos cuerpos de agua y su uso en los procesos. Sin embargo, la completitud y consistencia de los datos proporcionados deben ser verificados.

27 ANEXO N° 17: Tablas Guía de la CONAMA

| Tabla N° 1 | | | | | | |
|-----------------------|---|--------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Grupo de elementos o compuestos | Unidad | Clase de Excepción | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 |
| 1. | Conductividad eléctrica | µS/cm | <600 | 750 | 1,500 | 2,250 |
| 2. | DBO ₅ | mg/L | <2 | 5 | 10 | 20 |
| 3. | Color aparente | Pt-Co | <16 | 20 | 100 | >100 |
| 4. | Oxígeno disuelto ¹ | mg/L | >7,5 | 7,5 | 5,5 | 5 |
| 5. | pH ² | Rango | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 |
| 6. | RAS ³ | - | <2,4 | 3 | 6 | 9 |
| 7. | Sólidos disueltos | mg/L | <400 | 500 | 1.000 | 1.500 |
| 8. | Sólidos suspendidos | mg/L | <24 | 30 | 50 | 80 |
| 9. | Temperatura ⁴ | ΔT°C | <0,5 | 1,5 | 1,5 | 3 |
| Inorgánicos | | | | | | |
| 10. | Amonio | mg/L | <0,5 | 1 | 1,5 | 2,5 |
| 11. | Cianuro | µg/L | <4 | 5 | 10 | 50 |
| 12. | Cloruro | mg/L | <80 | 100 | 150 | 200 |
| 13. | Fluoruro | mg/L | <0,8 | 1 | 1,5 | 2 |
| 14. | Nitrito | mg/L | <0,05 | 0.06 | >0,06 | >0,06 |
| 15. | Sulfato | mg/L | <120 | 150 | 500 | 1.000 |
| 16. | Sulfuro | mg/L | <0,04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Organicos | | | | | | |
| 17. | Aceites y Grasas | mg/L | <4 | 5 | 5 | 10 |
| 18. | Bifenilos policlorados (PCBs) | µg/L | * | 0,040 | 0,045 | >0,045 |
| 19. | Detergentes (SAAM) ⁵ | mg/L | <0,16 | 0,2 | 0,5 | 0,5 |
| 20. | Indice de fenol | µg/L | <1,6 | 2 | 2 | 10 |
| 21. | Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos | µg/L | <0,16 | 0,2 | 1 | 1 |
| 22. | Hidrocarburos | mg/L | <0,04 | 0,05 | 0,2 | 1,0 |
| 23. | Tetracloroeteno | mg/L | * | 0,26 | 0,26 | >0,26 |
| 24. | Tolueno | mg/L | * | 0,3 | 0,3 | >0,3 |
| Organicos Plaguicidas | | | | | | |
| 25. | Acido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) | µg/L | * | 4 | 4 | 100 |
| 26. | Aldicarb | µg/L | * | 1 | 11 | 11 |
| 27. | Aldrín ⁶ | µg/L | * | 0,004 | 0,004 | 0,7 |
| 28. | Atrazina + N-dealkyl metabolitos ⁷ | µg/L | * | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | | |
|--|------------------------------|------------|--------|--------|-------|--------|
| 29. | Captán | µg/L | * | 3 | 10 | 10 |
| 30. | Carbofurano | µg/L | * | 1,65 | 45 | 45 |
| 31. | Clordano ⁶ | µg/L | * | 0,006 | 0,006 | 7 |
| 32. | Clorotalonil | µg/L | * | 0,2 | 6 | 6 |
| 33. | Cyanazina ⁷ | µg/L | * | 0,5 | 0,5 | 10 |
| 34. | Demetón ⁷ | µg/L | * | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 35. | DDT ⁶ | µg/L | * | 0,001 | 0,001 | 30 |
| 36. | Diclofop-metil | µg/L | * | 0,2 | 0,2 | 9 |
| 37. | Dieldrín ⁶ | µg/L | * | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 38. | Dimetoato | µg/L | * | 6,2 | 6,2 | 6,2 |
| 39. | Heptaclor ⁶ | µg/L | * | 0,01 | 0,01 | 3 |
| 40. | Lindano ⁶ | µg/L | * | 4 | 4 | 4 |
| 41. | Paratión ⁶ | µg/L | * | 35 | 35 | 35 |
| 42. | Pentaclorofenol ⁶ | µg/L | * | 0,5 | 0,5 | 0,7 |
| 43. | Simazina | mg/L | * | 0,005 | 0,01 | 0,01 |
| 44. | Trifluralina | µg/L | * | 0,1 | 45 | 45 |
| Metales Esenciales Disueltos | | | | | | |
| 45. | Boro | mg/L | <0,4 | 0,5 | 0,75 | 0,75 |
| 46. | Cobre ⁸ | µg/L | <7,2 | 9 | 200 | 1.000 |
| 47. | Cromo total | µg/L | <8 | 10 | 100 | 100 |
| 48. | Hierro | mg/L | <0,8 | 1 | 5 | 5 |
| 49. | Manganeso | mg/L | <0,04 | 0,05 | 0,2 | 0,2 |
| 50. | Molibdeno | mg/L | <0,008 | 0,01 | 0,15 | 0,5 |
| 51. | Níquel ⁸ | µg/L | <42 | 52 | 200 | 200 |
| 52. | Selenio | µg/L | <4 | 5 | 20 | 50 |
| 53. | Zinc ⁸ | mg/L | <0,096 | 0,12 | 1 | 5 |
| Metales No Esenciales Disueltos | | | | | | |
| 54. | Aluminio | mg/L | <0,07 | 0,09 | 0,1 | 5 |
| 55. | Arsénico | mg/L | <0,04 | 0,05 | 0,1 | 0,1 |
| 56. | Cadmio ⁸ | µg/L | <1,8 | 2 | 10 | 10 |
| 57. | Estaño | µg/L | <4 | 5 | 25 | 50 |
| 58. | Mercurio | µg/L | <0,04 | 0,05 | 0,05 | 1 |
| 59. | Plomo ⁸ | mg/L | <0,002 | 0,0025 | 0,2 | 5 |
| Indicadores Microbiológicos | | | | | | |
| 60. | Coliformes fecales (NMP) | NMP/100 ml | <10 | 1.000 | 2.000 | 5.000 |
| 61. | Coliformes totales (NMP) | NMP/100 ml | <200 | 2.000 | 5.000 | 10.000 |

Notas

*= La determinación de estos compuestos o elementos deberá estar bajo el límite de detección del instrumental analítico más sensible.

1= Expresado en términos de valor mínimo.

2= Expresado en términos de valor máximo y mínimo

3= Razón de adsorción de sodio (RAS). Relación utilizada para expresar la actividad relativa de los iones sodio en las reacciones de intercambio con el suelo. Cuantitativamente como miliequivalentes:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\left(\frac{Ca + Mg}{2}\right)}}$$

En que, Na; Ca y Mg = Son respectivamente las concentraciones, en miliequivalentes por litro, de iones sodio, calcio y magnesio.

4= Diferencia de temperatura entre la zona analizada y la temperatura natural del agua.

5= Sustancias activas al azul de metileno (SAAM).

6= Con prohibición de uso agrícola establecida por el Servicio Agrícola y Ganadero.

7= No cuenta con autorización del Servicio Agrícola y Ganadero (el producto y la mezcla de Atrazina +N-dealkyl).

8= Las concentraciones de estos compuestos o elementos para las Clases de Excepción y la Clase 1, son calculados para una dureza de 100 mg/L de CaCO₃. Para otras durezas, la concentración máxima del elemento o compuesto, para la Clase 1, expresada en µg/L, se determinará de acuerdo a las fórmulas siguientes. Para la Clase de Excepción el cálculo se obtendrá a partir del 80% del valor obtenido en la Clase 1.

| Tabla Nº 3 | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------|------------------------------|------------|---------------------|----------------|
| | Grupo de elementos o compuestos | Unidad | Expresión | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 |
| Físicos y Químicos | | | | | | |
| 1. | Oxígeno disuelto | % sat | OD | > 90 | 70 - 89 | 40 - 69 |
| 2. | Temperatura ¹ | °C | Tº | D2 | D3 | D5 |
| 3. | pH | Rango | pH | 7,5 – 8,5 | 6,5 – 9,5 | 6,0 – 9,5 |
| 4. | Sólidos suspendidos | mg/L | SS | < 25 | 25 – 80 | 80-400 |
| 5. | Aceites y Grasas emulsificadas | mg/L | A y G | 5 | 5 | 10 |
| 6. | Hidrocarburos totales | mg/L | HCT | < 0,02 | 0,02 – 0,05 | 0,05 – 1 |
| 7. | Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos | mg/L | HAP | < 0,0002 | < 0,0002 | 0,0002-0,001 |
| 8. | Detergentes | mg/L | SAAM | < 0,2 | 0,2 – 1 | 1- 10 |
| Toxicos No Acumulativos | | | | | | |
| 9. | Amonio | µmol/L | NH ₄ ⁺ | < 5 | 5 – 10 | 10 – 15 |
| 10. | Cianuro | mg/L | CN ⁻ | < 0,005 | 0,005-0,01 | 0,005 – 0,01 |
| 11. | Cloro libre residual | mg/L | | < 0,002 | 0,002- 0,01 | 0,01- 0,1 |
| 12. | Fenoles | mg/L | Fenoles | < 0,001 | 0,001 - 0,01 | 0,01 – 1 |
| 13. | Fluoruro ² | mg/L | F ⁻ | < 0,0369xS | 0,0369xS – 0,0443xS | 0,0443xS – 2,3 |
| 14. | Sulfuro | mg/L | S ²⁻ | < 0,002 | 0,002-0,005 | 0,005-0,01 |
| Toxicos Acumulativos y Persistentes | | | | | | |
| 15. | Bifenilos policlorados | µg/L | PCB's | <0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Plaguicidas | | | | | | |
| 16. | Aldrin | µg/L | Aldrin | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 17. | Clordano | µg/L | Clordano | < 0,006 | < 0,006 | < 0,006 |
| 18. | Malatión | µg/L | Malatión | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 19. | Pentaclorofenol | µg/L | PCP | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 |
| 20. | DDT | µg/L | DDT | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| 21. | Demetón | µg/L | Demetón | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| 22. | Dieldrin | µg/L | Dieldrin | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| 23. | Heptaclor | µg/L | Heptaclor | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 24. | Lindano | µg/L | Lindano | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| 25. | Paratión | µg/L | Paratión | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 |
| Metales Esenciales Disueltos | | | | | | |
| 26. | Cobre | µg/L | Cu | < 10 | 10 - 50 | 50 |
| 27. | Cromo total | µg/L | Cr total | < 10 | 10 - 50 | 50 – 100 |

| | | | | | | |
|--|--------------------|------------|-----------------|-------|-------------|---------|
| 28. | Níquel | µg/L | Ni | < 2 | 2 - 100 | 100 |
| 29. | Selenio | µg/L | Se | < 5 | 5 - 10 | 10 |
| 30. | Zinc | µg/L | Zn | < 30 | 30 – 100 | 100 |
| Metales No Esenciales Disueltos | | | | | | |
| 31. | Aluminio | µg/L | Al | < 200 | 200 - 1.500 | 1.500 |
| 32. | Arsénico | µg/L | As | < 10 | 10 - 50 | 50 |
| 33. | Cadmio | µg/L | Cd | < 5 | 5 - 10 | 10 |
| 34. | Cromo VI | µg/L | Cr VI | < 10 | 50 | 50 |
| 35. | Estaño | µg/L | Sn | < 20 | 20 - 100 | 100 |
| 36. | Mercurio | µg/L | Hg | < 0,2 | 0,2 - 0,5 | 0.5 |
| 37. | Plomo | µg/L | Pb | < 3 | 3 - 50 | 50 |
| Microbiológicos | | | | | | |
| 38. | Coliformes fecales | NMP/100 mL | Coli fec/100 mL | < 2 | < 43 | < 1.000 |
| 39. | Coliformes totales | NMP/100 mL | Coli tot/100 mL | < 70 | 70 – 1.000 | < 1.000 |

Notas

- La variación de temperatura respecto del rango natural presente en el área de medición no debe exceder los valores que se señalan a continuación:
 - D2: La variación no debe ser mayor a 2 °C (temperatura promedio mensual r2 °C).
 - D3: La variación no debe ser mayor a 3 °C (temperatura promedio mensual r3 °C).
 - D5: La variación no debe ser mayor a 5 °C (temperatura promedio mensual r5 °C).
- El valor se establece en función de la salinidad del agua, medido como PSU^o.

28 Bibliografía

- British Energy Estuarine & Marine Studies. (2011). *Thermal Standards for Cooling Water from New Build Nuclear Power Stations*. British Energy Estuarine & Marine Studies.
- Alden (m1). (2015). *Memo on Fish Protection Technologies for Reducing Entrainment Commesurate with Closed Cycle Cooling*. Holden: Alden Research Laboratory.
- Alden (m5). (2015). *Memo Providing Responses to Questions Posed by Inodu on October 29th 2015*. Holden: Alden Research Laboratory.
- Alden. (2003). *Evaluation of fish protection alternatives for the canal generating station*. Web: [http://yosemite.epa.gov/oa/eab_web_docket.nsf/Filings%20By%20Appeal%20Number/3A9A9A7F6C643181852574E200727865/\\$File/Ex.%207%20Alden%202003%20Report...19.pdf](http://yosemite.epa.gov/oa/eab_web_docket.nsf/Filings%20By%20Appeal%20Number/3A9A9A7F6C643181852574E200727865/$File/Ex.%207%20Alden%202003%20Report...19.pdf) (Accedido por última vez en Octubre de 2014).
- Alden Research Laboratory Inc. (2004). Field Evaluation of Wedge Wire Screens. *EPRI Clean Water Act §316(b) Fish Protection Technology Workshop Presentations*.
- Alsaffar, A., & Zheng, Y. (2007). *Water Intakes - Siting and Design Approached*. Bechtel Corporation.
- Alstom. (2009). *Clean Combustion Technologies*. Connecticut: Alstom.
- Anderson, D. (2004). Rotatory Screens. *FGS Acoustic Fish Barrier Technology*. EPRI.
- ASA Analysis & EPRI. (2008). *A review of Impingement Survival Studies at Steam-Electric Power Stations*. EPA-HQ-OW-2008-0667-0759, Informe entregado a US EPA durante la definición de normativa 316b.
- ASME. (2014). *Thermal Power Plant Cooling. Context and Engineering*. ASME.
- Auckland Regional Council. (2010). *"Mixing Zones" and "Reasonable Mixing" in Receiving Waters*. Auckland Regional Council.
- Bamber, R. N., & Turnpenny, A. W. (2012). Entrainment of Organisms Through Power Station Cooling Water Systems. *Operational and Enviromental Concequences of Large Industrial Cooling Systems*, 339.
- Bechtel. (2012). *Offshore Modular Wedge Wire Screens for San Onofre Nuclear Generating Station*. State Water Resources Control Board Nuclear Review Committee.
- Brandt, J. (2004). Hendrick Water Intake Screens. *EPRI Clean Water Act §316(b) Fish Protection Technology Workshop Presentations*. EPRI.
- British Energy Estuarine & Marine Studies. (2011). *Methodology for the measurement of entrainment, edition 2*. Scientific Advisory Report Series 2010 No 005 Ed 2.

- British Energy Estuarine & Marine Studies. (2011b). *Methodology for the measurement of impingement*. Scientific Advisory Report Series 2010 No 006 Ed 2.
- Brown, R. (2004). Aquatic Guidance Lighting. *EPRI Clean Water Act §316(b) Fish Protection Technology Workshop Presentations*. EPRI.
- Brujis, M. C., & Taylor, C. J. (2012). Fish Impingement and Prevention Seen in the Light of Population Dynamics. En *Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems* (págs. 391-409). New York: Springer.
- California Energy Commission. (2005). *ISSUES AND ENVIRONMENTAL IMPACTS ASSOCIATED WITH ONCE-THROUGH COOLING AT CALIFORNIA'S COASTAL POWER PLANTS*. CEC-700-2005-013.
- California Environmental Protection Agency. (2015). *Amendment to the Water Quality Control Plan For Ocean Waters of California - Desalination Facility Intake, Brine Discharges, and the Incorporation of other Non-Substantive Changes*. Sacramento: California Water Boards.
- Canadian Nuclear Safety Commission. (2009). *Thermal Plume Effects on the Aquatic Environment*. Canadian Nuclear Safety Commission.
- Clark, J., & Brownell, W. (1973). *Electric power plants in the coastal zone : environmental issues*. American Littoral Society; no. 7.
- Comision Chilena del Cobre. (2014). *Proyeccion del consumo de agua en la mineria del cobre 2014-2015*. Santiago: Comision Chilena del Cobre.
- Comisión Chilena del Cobre. (Actualizacion Abril 2015). *Información estadística sobre el consumo de agua fresca en la minería del cobre al 2014*. Santiago: Comisión Chilena del Cobre.
- Costa Sur. (2015). *Memo - Termoclina y velocidades de captación*. Santiago: Costa Sur.
- Council of the European Communities. (1992). *Council Directive on the Conservaton of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora*. European Council.
- Craig, K. (2015). Sydney and Gold Coat Desalination Plant Intake Design, Construction, and Operating Experience. En *Intakes and Outfalls for Seawater Reverse-Osmosis Desalination Facilities* (págs. 39-56). Springer International Publishing.
- DFL Nº 340. (1960). *Ley sobre concesiones marítimas*. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL; SUBSECRETARIA DE MARINA.
- Ehrler, C., & Raifsnider, C. (2000). Evaluation of the effectiveness of intake wedgewire screens. *Environmental Science & Policy*, 361-368.
- Environment Agency UK. (2005). *Screening for Intake and Outfalls: A best practice guide*. Bristol: Environment Agency.

- EPA. (1992). *Review of Water Quality Standards, Permit Limitations, and Variances for Thermal Discharges at Power Plants*. Washington DC: EPA.
- EPA. (1998). *Guidelines for Ecological Risk Assessment*. Washington DC: EPA.
- EPA. (2000). *Background and Justification for Using Through-Screen Velocity of 0.5 fps as a Threshold Criterion Value for the Section 316 (b) Rulemaking Draft*. EPA.
- EPA. (2000). *Stressor Identification Guidance Document*. Washington DC: EPA.
- EPA. (2006). *Compilation of EPA Mixing Zone Documents*. Washington DC: EPA.
- EPA. (2009). *Steam Electric Power Generating Point Source Category: Final Detailed Study Report*. Washington DC: EPA.
- EPA. (September de 2014). *Water Quality Standards Handbook - Chapter 5: General Policies (40 CFR 131.13)*. Obtenido de EPA Website: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/handbook/chapter05.cfm>
- EPA. (2015). *Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Steam Electric Power Generating Point Source Category Final Rule 40 CFR Part 423*. Washington DC: Federal Register.
- EPA. (25 de August de 2015). *Water: Industry Effluent Guidelines*. Obtenido de EPA Website: http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/questions_index.cfm
- EPRI. (1999). *Catalog of Assessment Methods for Evaluating the Effects of Power Plant Operations on Aquatic Communities*. Palo Alto: EPRI.
- EPRI. (2000). *Procedural Guideline for Evaluating Alternative Fish Protection Technologies to Meet Section 316(b) Requirements of the Clean Water Act*.
- EPRI. (2000). *Technical Evaluation of the Utility of Intake Approach Velocity as an Indicator of Potential Adverse Environmental Impact under Clean Water Act Section 316(b)*. 1000731.
- EPRI. (2000b). *Technical Evaluation of the Utility of Intake Approach Velocity as an Indicator of Potential Adverse Environmental Impact under Clean Water Act Section 316(b)*. EPRI.
- EPRI. (2002). *Evaluating the Effects of Power Plants in Aquatic Communities*. Palo Alto: EPRI.
- EPRI. (2003). *Impacts of Volumetric Flow Rate of Water Intakes on Fish Populations and Communities*. 1005178.
- EPRI. (2005). *Field Evaluation of Wedgewire Screens for Protecting Early Life Stages of Fish at Cooling Water Intakes*.
- EPRI. (2005). *Identifying Alternative Fish Protection Technologies for Detailed Evaluation*.

- EPRI. (2006). *Design Considerations and Specifications for Fish Barrier Net Deployment at Cooling Water Intake Structures*. 1013309.
- EPRI. (2006). *Field Evaluation of the Effectiveness of Strobe Lights for Preventing Impingement of Fish at Cooling Water Intakes*. 1012541.
- EPRI. (2006). *Field Evaluation of Wedgewire Screens for Protecting Early Life Stages of Fish at Cooling Water Intake Structures - Chesapeake Bay Studies*. 1012542.
- EPRI. (2006). *Laboratory Evaluation of Modified Ristroph Traveling Screens for Protecting Fish at Cooling Water Intakes*. 1013238.
- EPRI. (2007). *Assessment of Once-Through Cooling System Impacts to California Coastal Fish and Fisheries*. Palo Alto: EPRI.
- EPRI. (2008). *Effects of Fluctuating Temperatures on Fish Health and Survival*. Palo Alto: EPRI.
- EPRI. (2008). *Evaluation of Strobe Lights for Reducing Fish Impingement at Cooling Water Intakes*. 1015577.
- EPRI. (2011). *Do Power Plant Impingement and Entrainment Cause Changes in Fish Populations? A Review of the Scientific Evidence*. 1023094.
- EPRI. (2011). *Thermal Toxicity Literature*. Palo Alto: EPRI.
- EPRI. (2012). *Third Thermal Ecology and Regulation Workshop*. Palo Alto: EPRI.
- EPRI. (2013). *Power Plant Cooling System Overview for Researchers and Technology Developers*. Palo Alto: EPRI.
- European Commission. (2001). *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems*. European Commission.
- European Commission. (2003). *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector*. Seville: European Commission.
- European Commission. (2006). *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*. European Commission.
- European Commission. (2006). *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Economics and Cross-Media Effects*. European Commission.
- European Commission. (2006). *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage*. Seville: European Commission.

- European Commission. (2010). *Technical Background Document on Identification of Mixing Zones*. European Commission.
- European Commission. (2010). *Technical Guidelines for the Identification of Mixing Zones pursuant to Art 4(4) of the Directive 2008/105/EC*. Brussels: European Commission.
- European Parliament and Council of the European Union. (2000). Water Framework Directive. *Official Journal of the European Communities*, 327/1 -327/72.
- European Parliament and the Council of the European Union. (2008). *Integrated Pollution Prevention and Control Directive*. Official Journal of the European Union.
- Guerra. (2007). *Mortalidad de tortugas marinas (Chelonia mydas) por ataque de lobo común (Otaria flavescens) en bahía Mejillones del sur. Diagnostico y propuesta de acción*. Universidad de Antofagasta. . Antofagasta.
- Hadderingh, R. (1979). Fish Intake Mortality at Power Stations - The Problem and Its Remedy. *Hydrobiological Bulletin* , 13(2-3), 83-93.
- Hanson, C., White, J., & Li, H. (1977). Entrapment and impingement of fishes by power plant cooling-water intakes: an overview. *Marine Fisheries Review*.
- Henry, M. F. (2005). *Effects of Cooling Water Discharge from a Thermoelectric Power Plant on the Nutrient and Phytoplankton Dynamics in Port Moody Arm, British Columbia, Canada*. The University of British Columbia.
- Hogan, T. W. (2015). Impingement and Entrainment at SWRO Desalination Facility Intakes. En *Intakes and Outfalls for Seawater Reverse-Osmosis Desalination Facilities* (págs. 57-78). Springer International Publishing.
- Hogan, T. W., Fay, C. N., Lattemann, S., Beck, S. D., & Pankratz, T. (2014). *Impingement Mortality and Entrainment (IM&E) Reduction Guidance Document for Existing Seawater Intakes*. Alexandria, VA: Water Reuse Foundation.
- IFC. (2008). *Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas termoeléctricas*. Corporación Financiera Internacional.
- Inodu. (2014). *Antecedentes Tecnicos, Economicos, Normativos y Ambientales de Tecnologías de Centrales Termoelectricas y sus Sistemas de Captacion*. Santiago: Ministerio de Energia Chile.
- Jones, B. (2015). Overview of Coastal Discharges for Brine, Heat and Wastewater. En *Intakes and Outfalls for Seawater Reverse-Osmosis Desalination Facilities* (págs. 363-369). Springer International Publishing.

- Lattemann, S. (2010). *Development of an Environmental Impact Assessment and Decision Support System for Seawater Desalination Plants*. Delft: Delft University of Technology.
- MBC Applied Environmental Sciences. (2005). *AES HUNTINGTON BEACH L.L.C. GENERATING STATION ENTRAINMENT AND IMPINGEMENT STUDY*.
- MBC Applied Environmental Sciences et al. (2007). *Scattergood Generating Station. Clean Water Act Section 316(b) Velocity Cap Effectiveness Study. Prepared for: Los Angeles Department of Water and Power*.
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. (2014). *Guía par la Aplicacion de la Ley de Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios*. Santiago: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- Missimer, T. M., Ghaffour, N., Dehawah, A. H., Rachman, R., Maliva, R. G., & Amy, G. (2013). Subsurface intakes for seawater reverse osmosis facilities: Capacity limitation, water quality improvement, and economics. *Desalination*, Vol: 322 - 37-51.
- Missimer, T. M., Jones, B., & Maliva, R. G. (2015). *Intakes and Outfalls for Seawater Reverse-Osmosis Desalination Facilities*. Springer International Publishing.
- Moss Landing Marine Laboratories. (2008). *UNDERSTANDING ENTRAINMENT AT COASTAL POWER PLANTS: INFORMING A PROGRAM TO STUDY IMPACTS AND THEIR REDUCTION*. CEC-500-2007-120.
- National Pollutant Discharge Elimination System—Final Regulations To Establish Requirements for Cooling Water Intake Structures at Existing Facilities and Amend Requirements at Phase I Facilities, 40 CFR Parts 122 and 125 (Environmental Protection Agency 15 de 2014 de August).
- Ng, K., Zheng, Y., & Taylor, S. (2005). Recent Development in Hydraulic Design of Power Plant Cooling Water Intake Structures. *ASCE Impacts of Global Climate Change*, 1-12.
- Normandeau Associates. (2009). *Biological Performance of Intake Screen Alternatives to Reduce Annual Impingement Mortality and Entrainment at Merrimack Station*. Manchester: Public Service of New Hampshire.
- Normandeau Associates, Inc. (2008). *Wedgewire Screen Larval Entrainment Reductions at Eddystone Generating Station. Apr 2005 – Apr 2006*. EPA-HQ-OW-2008-0667-1260, Minuta entregada a US EPA durante la definición de normativa 316b.
- Pankratz, T. (2015). Overview of Intake Systems for Seawater Reverse Osmosis Facilities. En *Intakes and Outfalls for Seawater Reverse-Osmosis Desalination Facilities* (págs. 3-18). Springer International Publishing.

- PSEG Services Corporation. (2002). *Selection and Design of Wedge Wire Screens and a Fixed-Panel Aquatic Filter Barrier System to Reduce Impingement and Entrainment at a Cooling Water Intake Structure on the Hudson River*. EPA-HQ-OW-2008-0667-0763, Informe entregado a US EPA durante la definición de normativa 316b.
- Rajagopal, S., Jenner, H., & Venugopalan, V. (2012). *Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems*. Springer.
- Royal Haskoning. (2003). *Harmonisation of Environmental Emission Scenaris for Biocides used as Preservatives for Liquid Cooling Systems*. Nijmegen: European Commission.
- Safari, I., & Zask, A. (2008). Reverse osmosis desalination plants - marine environmentalist regulator poing of view. *Desalination*, 220 (2008) 72–84.
- SEA. (s.f.). *Medidas destacadas en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2014, de http://www.sea.gob.cl/sites/default/files/version_final_ingresada_a_imprensa.pdf
- SMA. (2013). *Memorándum N°645 de 26 de septiembre de 2013 de la División de fiscalización que remite el informe de fiscalización ambiental de la inspección ambiental realizada al proyecto "Central termoelectrica Santa María"*. ORD. U.I.P.S. N° 853. Santiago 20 Octubre .
- SMA. (2014). *Guía de Aspectos Ambientales Relevantes para Centrales Termoeléctricas*. Superintendencia de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- SMA. (2014b). *Resolución exenta N°39*. Santiago: Superintendencia del Medio Ambiente.
- Southern California Coastal Water Research Project. (2012). *Management of Brine Discharges to Coastal Waters Recommendations of a Science Advisory Panel*. Costa Mesa: State Water Resource Control Board.
- Taft, E. (2000). Fish protection technologies: a status report. *Environmental Schience & Policy*, 349-359.
- Taft, E., & Cook, T. (2003). An overview of Fish Protection Technologies and Costo for Cooling Water Intake Structures. *Symposium on Cooling Water Intake Technologies to Protect Aquatic Organisms* (págs. 8-23). U.S. Environmental Protection Agency.
- Tal, A. (2011). The Desalination Debate - Lessons Learned Thus Far. *Environment*, 34-48.
- Taylor, C. J. (2006). The effects of biological fouling control at coastal and estuarine power stations. *Marine Pollution Bulletin*, 53 (2006) 30–48.
- Tetra Tech Inc. (2008). *Analysis of swim speed data*. EPA-HQ-OW-2008-0667-0660, Minuta entregada a US EPA durante la definición de normativa 316b.

- Tetra Tech Inc. (2009). *Notes from correspondence Canada Department of Fisheries and Oceans staff*. EPA-HQ-OW-2008-0667-0613, Minuta preparada durante elaboración de normativa 316b.
- Tetra Tech Inc. (2008). *Maximum Wedgewire Screen Slot Size*. EPA-HQ-OW-2008-0667-0584, Minuta entregada a US EPA durante la definición de normativa 316b.
- Tetratech. (2008c). *California Offshore Intake Structures with Velocity Caps*. EPA-HQ-OW-2008-0667-0583.
- Tetratech. (2014). *Velocity Cap Performance Data*. Minuta entregada a US EPA durante la definición de la normativa 316b. EPA-HQ-OW-2008-0667-3632.
- The Babcock & Wilcox Company. (2015). *Steam: Its Generation and Its Use. 42nd Edition*. North Carolina: The Babcock & Wilcox Company.
- Tumpenny, A. (2004). FGS Acoustic Fish Barrier Technology. *EPRI Clean Water Act §316(b) Fish Protection Technology Workshop Presentations*. EPRI.
- Turnpenny, A. W. (1988). *The Behavioural Basis of Fish Exclusion from Coastal Power Station Cooling Water Intakes*. CEGB Internal Publication No. RD/L/3301/R88.
- Turnpenny, A. W., Bruijs, M. C., Wolter, C., & Edwards, N. (2012). Regulatory Aspects of Choice and Operation of Large-Scale Cooling Systems in Europe. En *Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems* (págs. 421-454). New York: Springer.
- Turnpenny, A., & Coughlan, J. (1992). Power Generation on the British Coast: Thirty Years of Marine Biological Research. *Hydroécologie Appliquée*, 1-11.
- Turnpenny, A., & O'Keeffe, N. (2005). *Screening for Intake and Outfalls: a best practice guide*. UK Environmental Agency.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1990). *Fisheries Handbook of Engineering Requirements and Biological Criteria*. Portland: U.S. Army Corps of Engineers.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2013). *Technical Development Document for the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Steam Electric Power Generating Point Source Category*. Washington, DC: EPA.
- U.S. EPA. (2013). *Technical Development Document for the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Steam Electric Power Generating Point Source Category*. Washington DC: US. EPA.

- UCN. (2008). *Análisis de los potenciales efectos ambientales de la operación de proyectos termoeléctricos en ambientes marinos de la cuarta región*. Universidad Católica del Norte, Departamento de Biología Marina.
- UNESCO. (1979). Predicting effects of power plant once-through cooling on aquatic systems. *Technical papers in hydrology*.
- Union, European Parliament and the Council of the European. (2008). DIRECTIVE 2008/105/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on environmental quality standards in the field of water policy. *Official Journal of the European Union*, 348/84-348/97.
- US EPA. (1973). *Reviewing Environmental Impact Statements - Power Plant Cooling Systems, Engineering Aspects*. EPA-660/2-73-016.
- US EPA. (1976). *Effects of Wastewater and Cooling Water Chlorination on Aquatic Life*. EPA-600/3-76-098.
- US EPA. (2014). *National Pollutant Discharge Elimination System—Final Regulations to Establish Requirements for Cooling Water Intake Structures at Existing Facilities and Amend Requirements at Phase I Facilities*. Preamble.
- US EPA. (2014). *National Pollutant Discharge Elimination System—Final Regulations To Establish Requirements for Cooling Water Intake Structures at Existing Facilities and Amend Requirements at Phase I Facilities; Final Rule*. US Federal Register.
- US EPA. (2014). *Technical Development Document for the Final Section 316(b) Existing Facilities Rule*. EPA-821-R-14-002.
- Watson, M. (2004). Cylindrical V-Wire Screens. *EPRI Clean Water Act §316(b) Fish Protection Technology Workshop Presentations*. EPRI.
- Weisberg, S., Burton, W., Jacobs, F., & Ross, E. (1987). Reductions in Ichthyoplankton Entrainment with Fine-Mesh, Wedge Wire Screens. *Journal of Fisheries Management*(7), 386-393.
- Wither, A., Bamber, R., Colclough, S., Dyer, K., Elliott, M., Holmes, P., . . . Turnpenny, A. (2012). Setting new thermal standards for transitional and coastal (TraC) waters. *Marine Pollution Bulletin*, 1564-1579.

[Página dejada en Blanco Intencionalmente]