



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS

ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN

**ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES:
FACTIBILIDAD DE LA ENERGÍA OCÉANICA EN CHILE**

RAÚL CÁCERES SÁEZ

SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL,

MENCIÓN ECONOMÍA

Profesor Guía: Eugenio Figueroa B.

Santiago, Chile
2015

“I vill a little t'ink...”

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I: SECTOR ENERGÉTICO.....	5
1.1 Mercado Eléctrico en Chile.....	5
1.2 Matriz de Generación.....	12
1.3 Capacidad Instalada	17
1.4 Dependencia Energética.....	22
1.5 Crecimiento de la demanda energética.....	25
1.6 Ley 20/25.....	26
1.7 Nueva Política Energética 2014	28
2. CAPÍTULO II: ¿POR QUÉ AVANZAR HACIA UNA MATRIZ ENERGÉTICA DISTINTA?	33
2.1 Panorama Nacional y Mundial Actual.....	33
2.2 Costos de la energía en Chile.....	42
2.3 Precio Medio de Mercado (PMM).....	48
2.4 Evolución banda de precios de los combustibles fósiles	54
3. CAPÍTULO III: ¿POR QUÉ ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES?	58
4. CAPÍTULO IV: DESAFÍO DE LA ENERGÍA OCEÁNICA EN CHILE.....	66

4.1.	¿Por qué la energía Oceánica?	66
4.2.	Tipos de Tecnologías ERNC en el mar	72
4.2.1.	Tecnología Mareomotriz.....	72
4.2.2.	Tecnología Undimotriz	74
4.2.3.	Gradiente térmico y salino marinos.....	77
4.2.4.	Energía Eólica Offshore	79
4.3.	¿Qué ventajas posee Chile para el desarrollo de Energía Oceánica?.....	82
4.4.	Marco Legal.....	96
5.	CAPÍTULO V: EFECTOS E IMPLICANCIAS CON EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA OCEÁNICA (MARITIMA).....	104
5.1.	Efectos en el Medio Ambiente	105
5.2.	Efectos Socioeconómicos	116
5.2.1.	Infraestructura y cadena de suministro	117
5.2.2.	Posibles efectos en la economía en Chile	124
5.2.3.	Creación de una cadena de suministro Sudamericana	126
6.	CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.....	129
	CONCLUSIONES.....	136
	REFERENCIAS.....	140
	ANEXOS.....	145
	Anexo 1.....	145
	Anexo 2.....	145
	Anexo 3.....	148
	Anexo 4.....	149

Anexo 5.....	153
Anexo 6.....	153
Anexo 7.....	157
Anexo 8.....	160

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y en especial a mis padres, Ricardo y Leticia, y a mis hermanos, Beatriz y Ricardo, quienes me dieron educación, consejos y apoyo. Sin ellos no sería lo que soy hoy.

A Constanza, por su apoyo y cariño incondicional, ayudándome a luchar por mis ideales y convicciones.

A mis profesores, quienes me proporcionaron conocimientos y orientaciones sin los cuales no hubiese concluido esta etapa en mi vida. En especial al profesor Eugenio Figueroa, por haber tenido la paciencia de corregir mi trabajo y aconsejarme para hacer una buena investigación.

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Chile: Mapa de actores del Mercado Eléctrico.....	9
Figura 2: Composición Sistemas Interconectados en Chile.....	11
Figura 3: Chile: Generación Bruta de Electricidad en Aysén (TWh).....	12
Figura 4: Chile: Generación Bruta de Electricidad en Magallanes (TWh).....	13
Figura 5: Chile: Generación Bruta de Electricidad en el SIC (TWh).....	13
Figura 6: Chile: Generación Bruta de Electricidad en el SING (TWh).....	14
Figura 7: Matriz de Generación SIC-SING (68.050 GWh), año 2013.....	16
Figura 8: Chile: Capacidad instalada de generación eléctrica entre los años 1970 y 2010.....	18
Figura 9: Chile: Evolución de la capacidad instalada en el SIC entre los años 1960 y 2013.....	19
Figura 10: Chile: Resumen Estados de Proyectos el 2013.....	21
Figura 11: Chile: Índice consumo energético por sector (1992 = 1).....	24
Figura 12: Chile: Crecimiento demanda energética y PIB, 1960 – 2011.....	25
Figura 13: Chile: Balance energía primaria 1990 – 2013 (Tcal).....	34
Figura 14: Intensidad de uso del carbón (Índice 1981=100).....	35
Figura 15: Emisiones de CO2 per cápita por consumo de petróleo (Índice 1980=100).....	37
Figura 16: Emisiones de CO2 per cápita por consumo de gas natural (Índice 1980=100).....	37
Figura 17: Emisiones de CO2 per cápita por consumo de Carbón (Índice 1980=100).....	38
Figura 18: Emisiones de CO2 per cápita (Índice 1990=100).....	38
Figura 19: Intensidad de uso de la energía.....	40
Figura 20: Índice tasa crecimiento Uso Energía– PIB, Chile (Índice 1980=100).....	40
Figura 21: Índice tasa crecimiento Uso Energía– PIB, Miembros OCDE (Índice 1980=100).....	41
Figura 22: Costos marginales históricos de electricidad (SIC: Alto Jahuel 220).....	44
Figura 23: Costos marginales históricos de electricidad (SING: Crucero 220).....	44
Figura 24: Proyección costo de la energía SIC – Alto Jahuel 220.....	46
Figura 25: Proyección costo de la energía SIC – Cardones 220.....	46
Figura 26: Proyección costo de la energía SING – Charrúa 220.....	47
Figura 27: Proyección costo de la energía SING- Quillota 220.....	47
Figura 28: Chile: Precio Medio de Mercado 2006 – 2014.....	49
Figura 29: Proyección banda de precios combustibles fósiles.....	55
Figura 30: Mapa potencial energía Undimotriz en el mundo.....	83
Figura 31: Mapa potencial energía Mareomotriz en el mundo.....	84
Figura 32: Mapa potencial energía por Diferencias térmicas.....	84

Figura 33: Mapa potencial energía Gradiente salino en el mundo.....	85
Figura 34: Potencial teórico bruto ERNC en Chile.....	86
Figura 35: Densidad energética por territorio	87
Figura 36: Costos de la energía marina en Chile.....	91
Figura 37: Evolución estimada de costos medios en proyectos de energías marinas.....	93
Figura 38: Costos medios (US\$ / MWh) de tecnologías de generación eléctrica	93
Figura 39: Creación de empleos por MW de capacidad instalada de energía marina.....	121
Figura 40: Escenario de capacidad total de energía marina.....	123
Figura 41: Cronología Leyes Mercado Eléctrico.....	145
Figura 42: Demanda de energía eléctrica mundial.....	148
Figura 43: Capacidad Instalada en Chile, MW.....	157
Figura 44: Generación Horaria Máxima en Chile, MW.....	158
Figura 45: Generación Bruta en Chile, GWh.....	158
Figura 46: Ventas energía en Chile, GWh.....	159
Tabla 1: Chile: Composición Matriz Energética, 2008.....	15
Tabla 2: Chile: Dependencia Energética (Tcal) 1999 – 2013.....	22
Tabla 3: Chile: Evolución del consumo total de energía (Tcal) 1992-2013.....	24
Tabla 4: Progresividad Ley 20/25	27
Tabla 5: Nueva capacidad instalada para la generación de energía por tecnología, período 2014 – 2025 (Incorporación de nueva capacidad de generación en construcción).....	50
Tabla 6: Nueva capacidad instalada para la generación de energía por tecnología, período 2014 – 2025 (Parque de generación esperada a enero del 2025).....	51
Tabla 7: Proyecciones venta de energía 2014 – 2025.....	53
Tabla 8: Resumen de proyectos de energía oceánica.....	81
Tabla 9: Factores de planta ERNC en Chile.....	89
Tabla 10: Resumen evaluación marco legal Europa.....	97
Tabla 11: Recomendaciones de la EMEC para minimizar los impactos de los proyectos para utilizar la energía marina.....	108
Tabla 12: Grados de implicancias de la energía marina.....	112
Tabla 13: Empresas Transmisoras de electricidad, Chile.....	145
Tabla 14: Empresas Distribuidoras de electricidad, Chile.....	146
Tabla 15: Empresas Generadoras de electricidad, Chile.....	147
Tabla 16: Comparación marco legal entre países.....	149
Tabla 17: Generación Bruta en Chile por fuente (GWh).....	153
Tabla 18: Mercado Eléctrico en Chile: SIC – SING- AYSÉN – MAGALLANES	160

RESUMEN

En la actualidad, Chile se encuentra en un proceso de cambio de la matriz energética conducente a una que cuente con mayor participación de Energías Renovables No Convencionales. La elección de ésta se basa en estudios acabados de los impactos positivos que tendrían sobre el medio ambiente y la sociedad, junto a una menor dependencia de aquellas fuentes de energía fósiles que son altamente contaminantes y generan constantes problemas sobre la comunidad.

Dentro de las Energías Renovables No Convencionales existe una amplia gama de fuentes, entre ellas encontramos la proveniente del océano y que representa una ventaja para Chile, por sus características geográficas y laborales. La generación de energía oceánica traería un fuerte impacto positivo en aspectos económico, social y medioambiental, siempre que se den oportunamente los cambios en materia legal y de políticas de Estado. Esto se produciría a través de la creación de una nueva industria donde Chile podría ser pionero creando una gran oferta de empleo, disminuyendo los costos de la energía, transformándose en exportador de nuevas tecnologías y conocimientos. Para ello es necesario un consenso general entre las autoridades públicas, privadas y las comunidades, los cuales deben trabajar juntos por el desarrollo del país.

INTRODUCCIÓN

La energía es esencial en el desarrollo de nuestras actividades cotidianas y, al mismo tiempo, un motor para el crecimiento, progreso económico y avances sociales de un país (Figueroa, 2014). Por esto, resulta fundamental que las autoridades públicas, privadas y los ciudadanos dirijan los esfuerzos en determinar los factores esenciales y efectos que tienen las políticas energéticas en todos los sectores de la nación. Esto se logra mediante la formulación de medidas que surjan de los intereses de quienes son partícipes de las comunidades y de las proyecciones, en base a la producción de bienes y servicios, fundamentales para el desarrollo de un país.

En los últimos años se han promulgado estrategias de energía con el fin de que las energías limpias formen parte de un modelo más seguro y sustentable. En febrero de 2012, el ex Presidente Sebastián Piñera dio a conocer la “Estrategia Nacional de Energía 2012 – 2030” cuyo lema era “Energía para el futuro”, siendo su finalidad adoptar una posición clara con respecto del desarrollo futuro de la matriz energética y las medidas de materialización (Energía, 2012). Por otra parte, en mayo del 2014, la actual Presidenta Michelle Bachelet promulgó la “Agenda de Energía para Chile”, cuyo objetivo es promover las energías

limpias destrabando las inversiones, incrementando la competencia en el sector y mejorando las relaciones con las comunidades (Energía, Ministerio de Energía, 2014).

Actualmente, en Chile se generan 68.000 GWh de electricidad y se estima que las ventas para el año 2025 serían 110.000 GWh. De estos, 68.000 GWh de electricidad, el 9,25% - 630 GWh de electricidad- corresponden a Energías Renovables No Convencionales (Rojas, 2014), siendo las principales fuentes: Biomasa, Energía Hidráulica (potencia máxima inferior a 20.000 KW), Geotérmica, Solar, Eólica y Oceánica (Marina). Lo restante proviene de fuentes convencionales (mayoritariamente carbón y petróleo). En este sentido, las autoridades deben plantear una solución concreta al abastecimiento que el país necesita.

Bajo esta perspectiva, la energía marina cumple un rol relevante para la diversificación de la matriz energética y una participación aun mayor de las energías limpias. La posibilidad de producir energía a través de las olas y las mareas principalmente, con un borde costero cercano a los 4.000 km genera interés en las autoridades que pueden ver esto como el desarrollo de una nueva industria que tenga efectos medio ambientales, económicos y sociales. El

adecuado aprovechamiento de las ventajas comparativas que posee Chile puede posicionar al país como pionero en tecnología y conocimiento.

El objetivo de esta tesis es hacer un diagnóstico del mercado eléctrico y la realidad que vive Chile en materia energética. Junto a ello, demostrar que es necesario establecer cambios reales en la composición de la matriz eléctrica y que, para ello, tanto la generación como la utilización de energías limpias, especialmente de las Energías Renovables No Convencionales, es el camino correcto.

Dentro de la amplia gama de fuentes energéticas que existen, la autoridad debe potenciar la producción de electricidad para el abastecimiento de los requerimientos del país con energías oceánicas, sin descartar necesariamente las demás energías limpias. Esta decisión no sólo traerá frutos en la línea de la energía que genera Chile – se estima que el potencial mínimo de la generación de energías marinas corresponde a 165 GW, lo cual corresponde alrededor de 10 veces la capacidad instalada de los sistemas eléctricos actuales en Chile (Chile, 2014), sino que además llevará a la formación de una nueva industria que exporte tecnologías, dispositivos y conocimiento al resto del mundo. Esto se logrará siempre que se realicen las modificaciones legales, de inversión y financiamiento de nuevos proyectos.

Esta investigación, centrada en la factibilidad de la energía marina, se encuentra dividida en seis capítulos. En el primero se describe el mercado eléctrico en Chile y se hace un diagnóstico de su estado actual. El segundo capítulo propone avanzar hacia una matriz energética distinta a la vigente, considerando la inestabilidad en materia eléctrica y ambiental que significa sostener el funcionamiento de la actual matriz energética basada en combustibles fósiles. El tercer capítulo expone las razones por las que las Energías Renovables No Convencionales son el camino adecuado para la generación de electricidad futura. El cuarto capítulo analiza la energía marina, desde una perspectiva técnica, de las ventajas comparativas y competitivas que Chile tiene para desarrollar este tipo de energía, y de los aspectos legales relacionados con la materialización de proyectos de energía oceánica en el país. El quinto capítulo estudia los efectos sociales, económicos y ambientales derivados del desarrollo de la energía oceánica en el país. En el sexto capítulo se establece las recomendaciones que deben considerar las autoridades pertinentes para el desarrollo de las energías limpias, específicamente las energías oceánicas. Finalmente, se dan a conocer las principales conclusiones obtenidas con la investigación en relación a la formulación de una política energética enfocada en las energías oceánicas.

1. CAPÍTULO I: SECTOR ENERGÉTICO

1.1 Mercado Eléctrico en Chile

Para comprender el problema energético del país es necesario entender cómo operan actualmente el mercado y sistema eléctrico en Chile y cuál ha sido su evolución con el paso del tiempo. En el año 1982, se promulga la Ley de Servicios Eléctricos (LGSE), que establece las bases de un sistema competitivo dictando las normas de funcionamiento de la transmisión, generación y distribución de la electricidad. Esta ley ha sufrido modificaciones con el paso del tiempo, asociadas a los cambios producidos en el sistema operante en el país, sin embargo ha mantenido su definición original de un sistema operado a mínimo costo global.

Las modificaciones más importantes datan del 2004 con la Ley 19.940 (Ley Corta I), donde se establece un conjunto de cambios al mercado eléctrico el cual afecta a los distintos medios de generación. El objetivo principal es regular el proceso de la toma de decisiones y la expansión de la transmisión de electricidad, además de incentivar la generación a través de medios no convencionales y pequeños medios. Un año después, y debido a la incertidumbre respecto a la disponibilidad del gas natural argentino, es

promulgada la Ley 20.018 (Ley Corta II), la cual evita en parte las dificultades en estimar el nivel de precio a futuro y los niveles de ingresos por ventas de energía. Luego, el año 2008, entra en vigencia la Ley 20.257, que introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos, instaurando la obligatoriedad para las empresas de generación eléctrica de acreditar que un mínimo de 5% de sus inyecciones de energía provenga de Energías Renovables No Convencionales. Esta ley muestra el esfuerzo las autoridades para intentar eliminar las barreras existentes en la incorporación de las energías limpias en la composición de la matriz energética chilena y avanzar hacia la sustentabilidad ambiental. En el año 2013, se publicó la Ley 20.698 estableciendo que, para el año 2025, 20% de la energía comercializada debe ser energías renovables no convencionales. Además, la ley introdujo distintos mecanismos de licitación de bloques de ERNC con el fin de apoyar el cumplimiento de la meta propuesta. (Anexo 1: Cronología de las Leyes Mercado Eléctrico)

El mercado eléctrico que opera en Chile está compuesto por las actividades de generación, transmisión y distribución del suministro eléctrico. La primera actividad es realizada por un grupo de empresas que son propietarias de las centrales generadoras de electricidad, la cual posteriormente es transmitida y distribuida a los consumidores. Este segmento de generación es competitivo, y

en él existen economías de escalas en los costos variables de operación y en la que los precios tienden a reflejar el costo marginal de producción (Energía, Ministerio de Energía. 2014). En la estructura de la matriz de generación eléctrica existen unidades generadoras térmicas e hidráulicas principalmente, cuyos combustibles principales son el gas natural, el carbón y derivados del petróleo.

El sistema de transmisión corresponde al conjunto de líneas, subestaciones y equipos destinados al transporte de la electricidad desde los puntos de producción (generadores) hasta los centros de consumo o distribución. Los Centros de Despachos Económico de Carga (CDEC) coordinan la operación de las centrales generadoras y líneas de transmisión.

Las actividades de distribución están constituidas por las líneas, subestaciones y equipos que permiten distribuir la electricidad hasta los consumidores finales, localizados en cierta zona geográfica explícitamente limitada. Estas empresas operan bajo un régimen de concesión de servicio público de distribución, con obligación de servicio y con tarifas reguladas para el suministro de clientes regulados (Energía, Ministerio de Energía. 2014).

Las actividades de transmisión son desarrolladas por empresas que son controladas en su totalidad por capitales privados, mientras que el Estado sólo

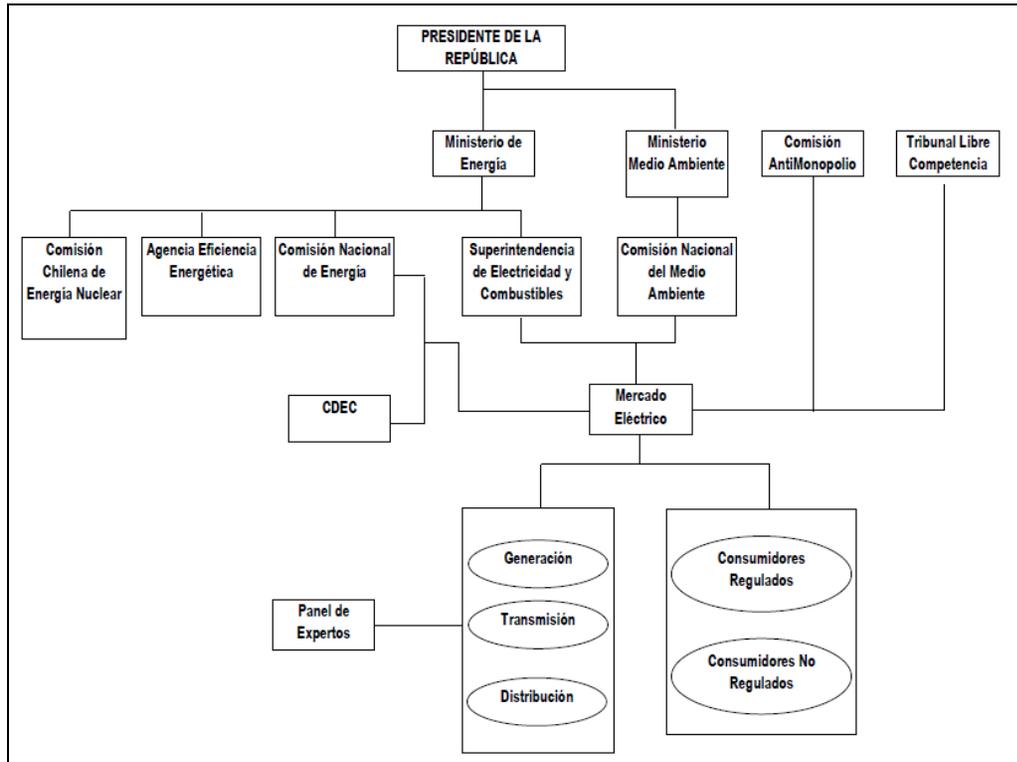
ejerce funciones de regulación, fiscalización y de planificación indicativa de inversiones en generación y transmisión, aunque esta última función es sólo una recomendación no vinculante para las empresas. En la industria eléctrica nacional existe un total aproximado de 45 empresas generadoras, donde las principales son: AES Gener, Colbún y Endesa¹. Junto a éstas participan 8 empresas generadoras eléctricas y 30 empresas distribuidoras (Ver listado completo de las empresas en Anexo 2).

Respecto de las autoridades y coordinación, encontramos al Ministerio de Energía, Comisión Nacional de Energía, Superintendencia de Electricidad y Combustibles, Centro de Despacho Económico de Carga SIC y SING, a un Panel de Expertos, al Ministerio del Medioambiente y a la Dirección General de Aguas. Todos estos organismos se encargan de elaborar y coordinar los planes, políticas y normas necesarias para un buen desempeño y desarrollo del sector energético en el país, y velar por el cumplimiento de todas las normas, decretos y leyes establecidas por el Estado. La Figura 1 esquematiza el funcionamiento y el orden jerárquico de las instituciones que participan en el Mercado Eléctrico chileno.

¹ Las empresas generadoras de electricidad se agrupan en la Asociación Gremial de Generadores de Chile (AGG). Para más información revisar: <http://www.generadoras.cl/>

Figura 1

Chile: Mapa de actores del Mercado Eléctrico



Fuente: Comisión Nacional de Energía (Demoscópica, 2010)

En lo que concierne a las líneas de distribución, la ley en Chile estipula que se clasifican según sus capacidad instalada: los sistemas mayores poseen una generación igual o superior a 200 MW, los medianos poseen una capacidad instalada entre 1,5 MW y 200 MW y los pequeños poseen una capacidad instalada igual o inferior a 1,5 MW.

En este contexto, en Chile se encuentran 4 sistemas: Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), Sistema Interconectado Central (SIC), Sistema Mediano de Magallanes y Sistema Mediano de Aysén. El funcionamiento actual de estos 4 sistemas es independiente, debido principalmente a la geografía del país, lo cual entorpece su interconexión. Sin embargo, dado las dificultades presentadas en el último tiempo en el sistema eléctrico chileno y los múltiples desafíos producto de la contingencia nacional e internacional se firmó el Plan de Expansión 2014 – 2015, el cual dentro de sus principales puntos está la Interconexión del SING y el SIC, lo que permitiría establecer un mercado eléctrico más eficiente, con mayor seguridad en la generación y distribución, más sustentable y con menores costos (Energía, 2015). Este plan junto con aumentar el PIB de largo plazo, llevará a una baja en los precios que perciban los consumidores, potenciará el desarrollo de las energías limpias (especialmente las solares y eólica) y se mejorarán las condiciones de competencia del mercado eléctrico.

Con respecto a la composición de estos 4 sistemas, al 31 de diciembre de 2013, el Sistema Interconectado Central (SIC) poseía una potencia instalada de generación de 14.080,2 MW, con predominancia de centrales hidrotérmicas, de los cuales un 95% tiene su origen en fuentes convencionales y un 5% proviene de Energías Renovables No Convencionales (ERNC). Por otra parte, el Sistema

Interconectado del Norte Grande (SING) posee 4.603,0 MW y es prácticamente en 100% de origen térmico, en base a combustibles fósiles como carbón, gas y petróleo. En su conjunto, ambos sistemas poseen 18.683,2 MW, que corresponden a más del 99% de la capacidad instalada nacional (los sistemas medianos como Aysén y Magallanes y los sistemas aislados son menos del 1%).

Figura 2

Composición Sistemas Interconectados en Chile



REGIONES	POBLACIÓN (Estimada 2010)	Generación (GWh) Ventas (GWh) 2013
Arica y Parinacota	184.957	17.229 GWh (25,15%) 15.414 GWh (24,23%)
Tarapacá	314.534	
Antofagasta	575.268	
Atacama	280.543	15.756.016 (92,17%)
Coquimbo	718.717	
Valparaíso	1.759.167	
Región Metropolitana	6.883.563	
Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	883.368	
Maule	1.007.831	
Bío- Bío	2.036.443	
Araucanía	970.419	
Los Ríos	379.709	
Los Lagos	836.256	
Aysén	104.843	104.843 (0,613%)
Magallanes	158.657	158.657 (0,928%)
		154 GWh (0,23%) 153 GWh (0,24%)
		290 GWh (0,42%) 281 GWh (0,44%)

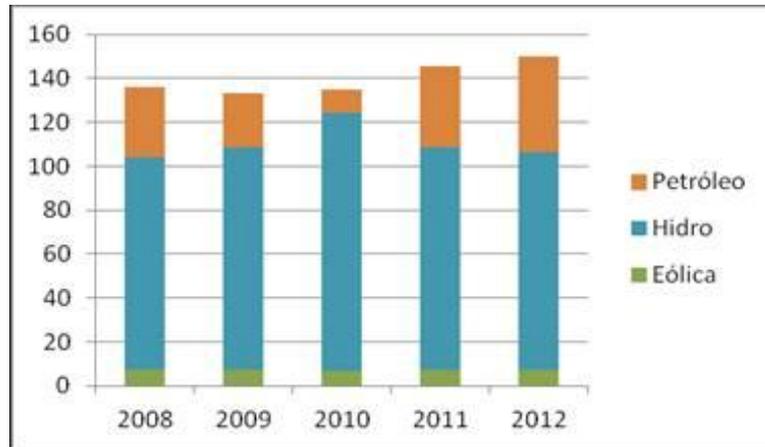
Fuente: Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Energía

1.2 Matriz de Generación

Durante los últimos años es posible notar los cambios producidos en la matriz de generación eléctrica por sistema. Información obtenida a través del Ministerio de Energía indica que ha habido cierta estabilidad entre las fuentes de energía utilizada para la generación eléctrica. Junto con ello es posible apreciar la baja participación que tienen las ERNC en la composición de la matriz. La Figura 3, Figura 4, Figura 5 y Figura 6 permite apreciar, por sistema, este fenómeno en la Generación Bruta de Electricidad en el país en el período 2008 – 2012.

Figura 3

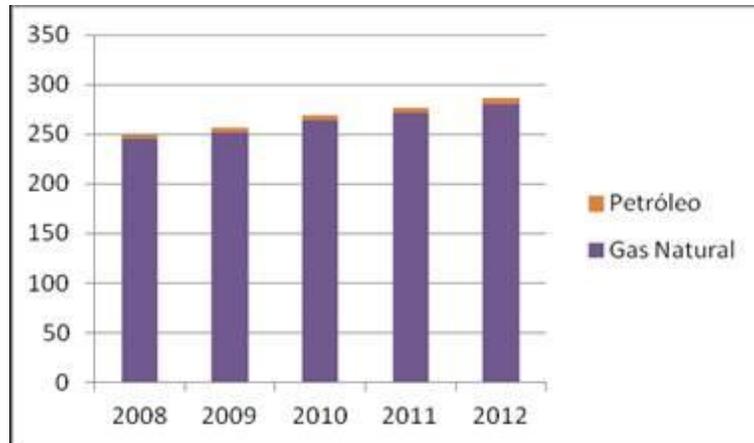
Chile: Generación Bruta de Electricidad en Aysén; 2008-2012 (TWh)



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Energía

Figura 4

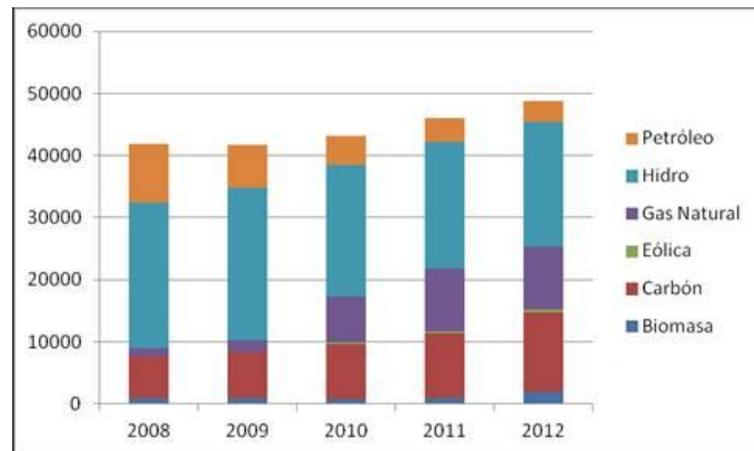
Chile: Generación Bruta de Electricidad en Magallanes; 2008-2012 (TWh)



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Energía

Figura 5

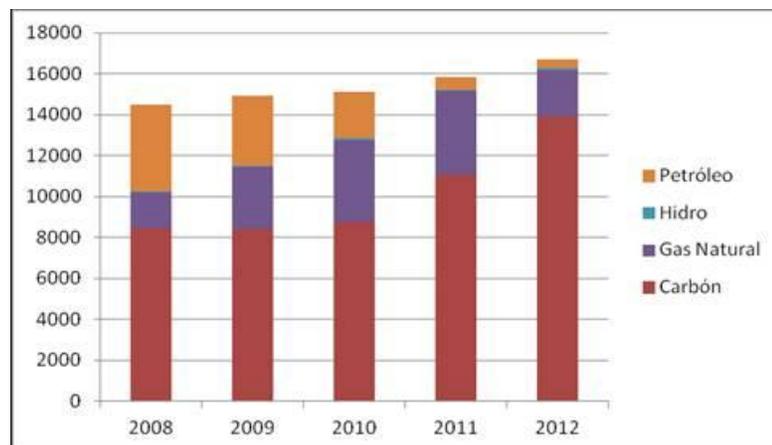
Chile: Generación Bruta de Electricidad en el SIC; 2008-2012. (TWh)



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Energía

Figura 6

Chile: Generación Bruta de Electricidad en el SING; 2008-2012 (TWh)



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Energía

Es necesario destacar el crecimiento que han tenido las ERNC en los años recientes impulsado por los incentivos que las autoridades han establecido con el fin de producir energías más limpias. En el 2008, la participación de ERNC alcanzaba un 2,65% como lo muestra la Tabla 1.

Tabla 1
Chile: Composición Matriz Energética; 2008

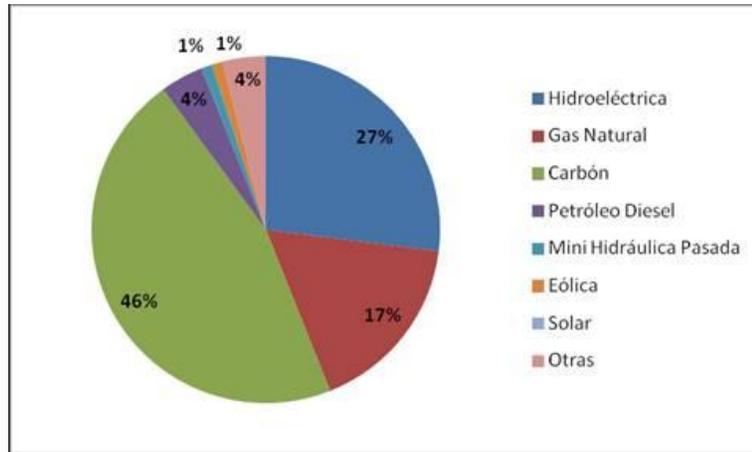
Fuente	SIC	SING	MAGALLANES	AYSEN	TOTAL
Hidráulica > 20 MW	4.781	0	0	0	4.781
Combustibles Fósiles	4.292	3.589	99	28	8.007
Total Convencional	9.073	3.589	99	28	12.788
Hidráulica < 20 MW	129	13	0	21	162
Biomasa	166	0	0	0	166
Eólica	18	0	0	2	20
Total ERNC	313	13	0	23	348
Total Nacional	9.386	3.602	99	51	13.136
ERNC%	3,33%	0,36%	0,00%	45,10%	2,65%

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Centro de Energía Renovable

Para el 2013, la matriz energética del país ha cambiado su composición: el carbón pierde paulatinamente el protagonismo y las Energías Renovables no Convencionales alcanzan el 6% aproximadamente (SIC y SING), lo que establece una transición hacia la producción de energías más limpias en el mercado eléctrico en Chile. Sin embargo, a pesar del cambio, preocupa la alta participación que tiene las fuentes más contaminantes como es el carbón y el petróleo como muestra la Figura 7.

Figura 7

Matriz de Generación SIC-SING (68.050 GWh), año 2013.



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Energía

Los datos entregados por el Centro de Energías Renovables muestran que para octubre del 2014 la generación de Energías Renovables No Convencionales alcanzó 9,25% de participación con 520 GWh, lo que representa un aumento de 20% en relación al mes de agosto del 2014. En los últimos años hemos observado que en relación a la generación de energía en el sistema chileno, las Energías Renovables No Convencionales quintuplican su participación con respecto de hace 6 años atrás.

Por otro lado, en relación a la hidroelectricidad en Chile, el nivel de producción hidroeléctrico que existía en el año 2000 era de 20.000 GWh, número que se

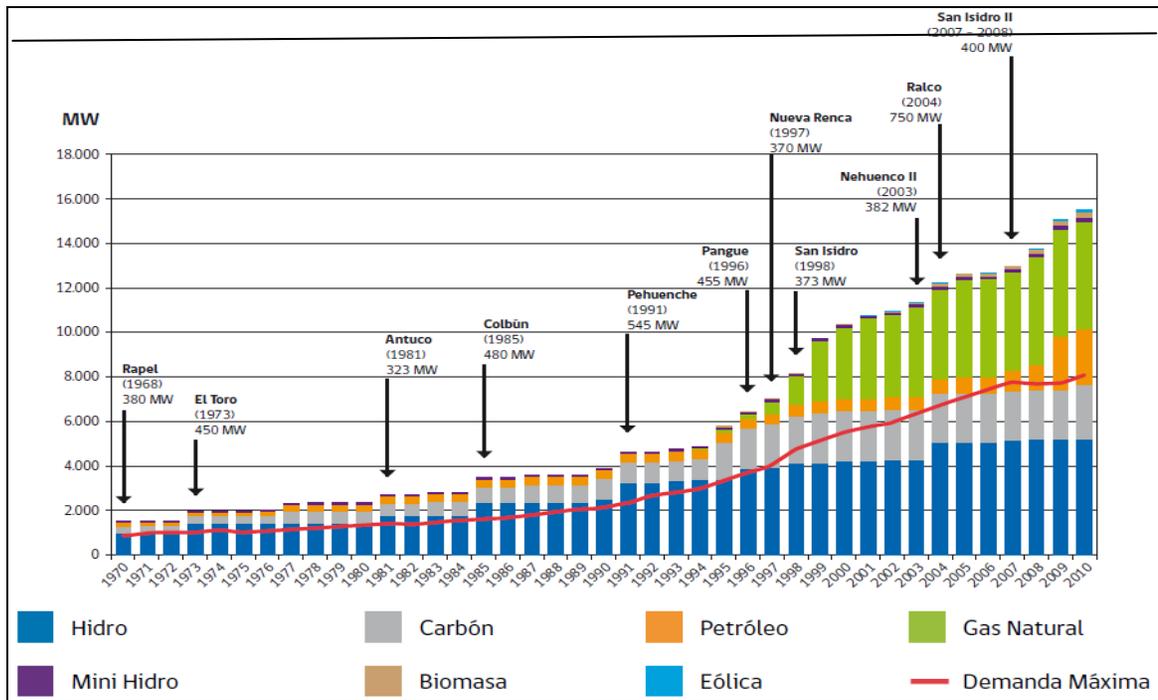
mantuvo hasta el año 2013, pese al crecimiento de la demanda en la última década. Es decir, ha habido un estancamiento en los proyectos de generación hidroeléctrica en el país, debido a la sequía que ha afectado al país en los últimos cinco años y la falta de ejecución de proyectos hidroeléctricos de gran envergadura. Ello sumado a la concentración de la propiedad de los derechos de agua y la oposición que existe de parte de la comunidad hacia los proyectos energéticos (Sustentable, 2010;Renovable, 2014)

1.3 Capacidad Instalada

La Figura 8 muestra el aumento de la demanda máxima de electricidad en conjunto con el aumento de la capacidad instalada de generación eléctrica, entre los años 1970 y 2010. Junto a ello, se aprecia la relevancia que el Gas Natural ha tenido en los últimos años, superando a la capacidad instalada proveniente del Carbón y el Petróleo.

Figura 8

Chile: Capacidad instalada de generación eléctrica entre los años 1970 y 2010

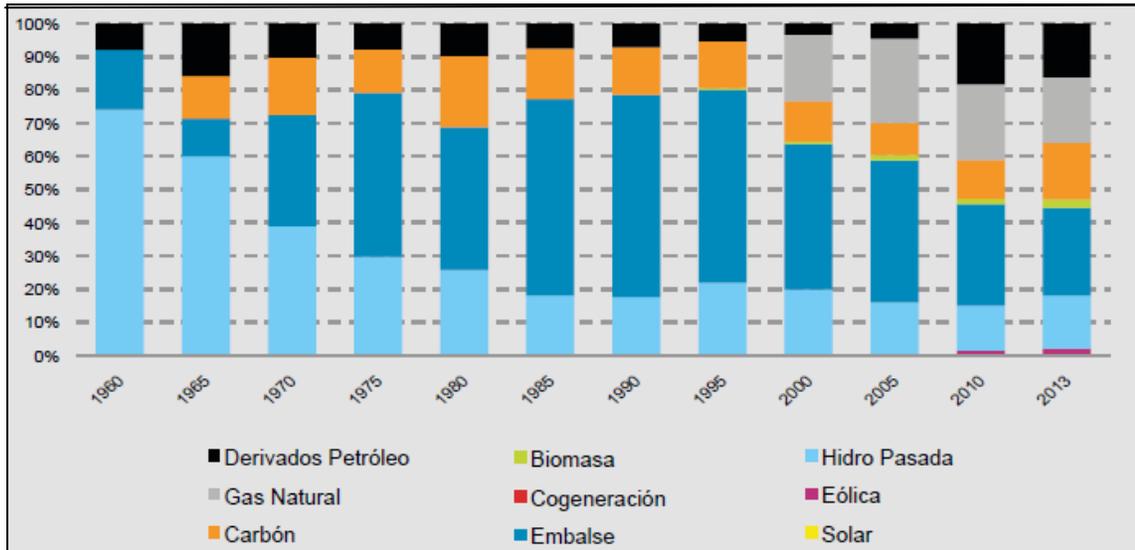


Fuente: Comisión Nacional de Energía, (Energía, 2011).

Si se analiza la generación eléctrica por sector, observamos que en el Sistema Interconectado Central, entre el año 1960 y el año 2013, primaba inicialmente la energía Hidráulica de Pasada, y que con el tiempo la capacidad instalada se diversificó, incorporando en forma considerable el gas natural y el carbón y, en menor medida, la biomasa y la energía eólica (Figura 9).

Figura 9

Chile: Evolución de la capacidad instalada en el SIC entre los años 1960 y 2013



Fuente: Generadoras de Chile, 2014.

El año 2013 la capacidad instalada en el SIC era 13.826,4 MW y estaba compuesta por: energía Hidráulica de Embalse (24,5%), Gas Natural (18,5%), Petróleo Diésel (16,9%), Hidráulica Pasada (16,6%), Carbón (11,6%), y en menor medida por Carbón-Petcoke, Biomasa, Eólica, y Mini Hidráulica de Pasada. La capacidad instalada en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) poseía 3.759,4 MW y estaba compuesta mayormente por Carbón (51,4%), y Gas Natural (38,3%)

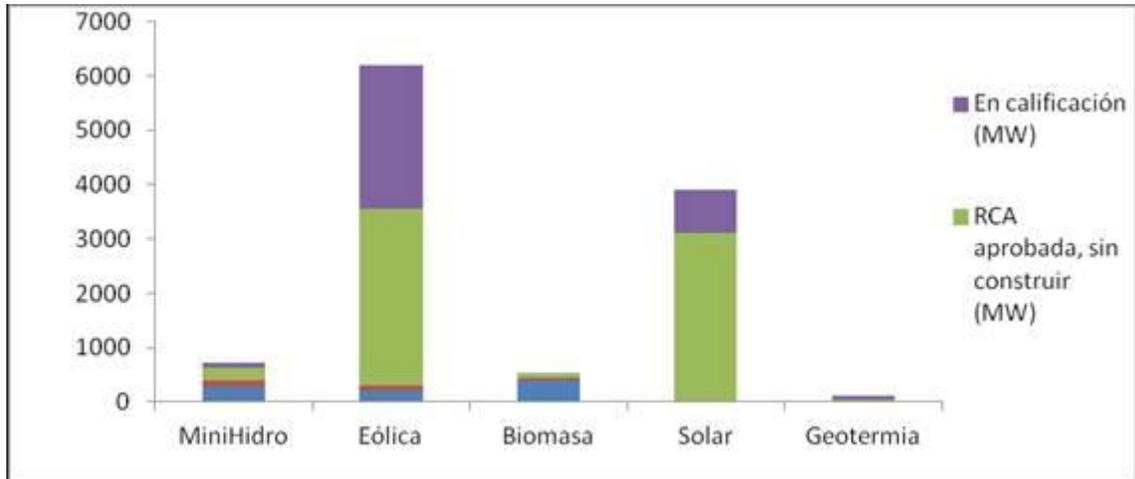
La capacidad instalada de las ERNC al año 2013 representa un 6,1% de la capacidad instalada total, con una composición de Mini Hidráulica (41%), Biomasa (31%), Eólica (28%) y, en menor cantidad, Solar.

El Reporte del Centro de Energías Renovables del mes de junio del 2014 mostró que, para el primer semestre del 2014, ingresaron en operación 485,28 MW de energía compuesto por: Eólica (36%), Biomasa (29%), Mini Hidráulica (21,3%), Solar (12%) y Biogás (3%), representando el 8,15% de la potencia total considerando convencionales y no convencionales.

Es decir, desde diciembre del 2013 a junio del 2014, aumentó considerablemente la participación de las RNC en la capacidad instalada, pasando de 6,1% a 8,15%, a la vez que cambió su composición, lo cual es posible apreciar con el aumento de los proyectos en construcción y en calificación (ver Figura 10).

Figura 10

Chile: Resumen Estados de Proyecto el 2013



Fuente: Elaboración propia a partir del Centro de Energías Renovables año 2013

Al analizar el informe de Octubre del Centro de Energías Renovables², específicamente al inicio del último trimestre del año 2014, la mayor participación de la cartera de proyectos con su resolución ambiental aprobada corresponde a las iniciativas solares y eólicas, lo que da cuenta de los avances tecnológicos de estos dispositivos y a la vez, los menores costos que implican el desarrollo de este tipo de Energías Renovables No Convencionales en el país.

² Informe Octubre, 2014. CER:
http://www.cifes.gob.cl/mailling/2014/octubre/REPORTE_Oct%202014.pdf

1.4 Dependencia Energética

Chile importa la mayor parte de su suministro energético. Lo cual es posible apreciar en la Tabla 2:

Tabla 2:
Chile: Dependencia Energética (Tcal) 1999 – 2013

Origen	1999	2000	2001	2002	2003
Importaciones netas	177.627	172.937	162.964	172.073	177.969
Consumo total de energía	252.315	252.948	248.145	257.841	260.462
Imp.Netas/ Consumo Total	70,4%	68,4%	65,7%	66,7%	68,3%
Origen	2004	2005	2006	2007	2008
Importaciones netas	206.150	202.471	206.549	231.407	225.471
Consumo total de energía	274.351	288.130	290.728	304.797	313.541
Imp.Netas/ Consumo Total	75,1%	70,3%	71,0%	75,9%	71,9%
Origen	2009	2010	2011	2012	2013
Importaciones netas	204.886	230.768	257.082	260.369	266.151
Consumo total de energía	301.595	303.924	339.836	388.662	410.464
Imp.Netas/ Consumo Total	67,9%	75,9%	75,6%	67,0%	64,8%

Fuente: Elaboración propia a partir del Balance Energético - Ministerio de Energía

Actualmente Chile exhibe una fuerte dependencia de los combustibles fósiles, como petróleo, carbón y gas, presentado anteriormente. Además, gran parte de estos no son producidos en el país sino que son importados: 97% para el caso del petróleo, 84% para el carbón y 78% para el gas natural. Esta alta dependencia acompañada de la alta importación de estos combustibles implica una situación de riesgo para el país, generando una baja seguridad energética ya que el país se encuentra expuesto a los precios volátiles de los commodities, los cuales se determinan en el mercado internacional teniendo Chile una nula incidencia en estos.

Esta dependencia se agudiza con la falta de políticas eficientes en el consumo energético de los Sectores de Transporte, Industrial – Minero y Comercial – Público – Residencial, en especial cuando el aumento en el consumo se basa en fuentes contaminantes como son el carbón y el petróleo. La Tabla 3 y la Figura 11 muestran la evolución que han tenido estos sectores en el consumo energético en los últimos años en Chile.

Tabla 3

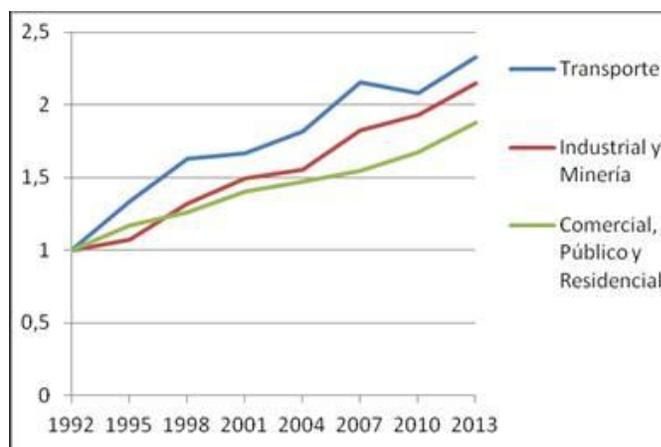
Chile: Evolución del consumo total de energía (Tcal); 1992-2013.

Año	Transporte	Industrial y Minería	Comercial, Público y Residencial
1992	40.392	50.512	40.056
1995	53.972	54.317	46.810
1998	65.826	66.673	50.431
2001	67.320	75.289	56.282
2004	73.459	78.537	58.868
2007	86.924	92.294	62.105
2010	83.958	97.356	66.986
2013	93.910	108.425	75.112

Fuente: Elaboración propia con información del Ministerio de Energía

Figura 11

Chile: Índice consumo energético por sector (1992 = 1)



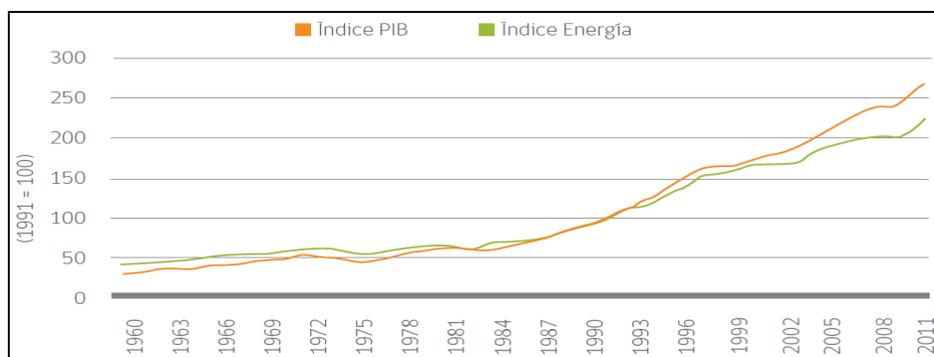
Fuente: Elaboración propia con información del Ministerio de Energía

1.5 Crecimiento de la demanda energética

El consumo de energía para los años 1991 y 2011 aumentó 122%, habiendo una relación directa con las fluctuaciones del PIB. Existe un fenómeno, que será explicado posteriormente, de desacoplamiento entre el crecimiento del PIB y el uso de energía; en los países más desarrollados el PIB crece a una tasa más alta que el consumo energético, debido al mayor ahorro energético y a políticas de eficiencia energética. Por otro lado, en los países en desarrollo, el movimiento de las tasas de crecimiento de estas dos variables es similar, no existiendo así un desacoplamiento. Chile forma parte de este segundo grupo de países (ver Figura 12).

Figura 12

Chile: Crecimiento demanda energética y PIB, 1960 - 2011



Fuente: Elaboración propia con información del Ministerio de Energía

1.6 Ley 20/25

Las leyes y propuestas de uso de energías limpias han sufrido constantes cambios, adaptándose así a los requerimientos internacionales con el fin de impulsar políticas similares de países líderes en eficiencia energética. La Ley 20.698 promulgada en el 2013 incluye el compromiso del país de alcanzar, al año 2025, una proporción de 20% de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la matriz eléctrica, lo que representa el doble de lo exigido en la ley anterior (Ley 20.417).

Esta nueva ley obliga a que 20% de la energía producida por cada generadora (aquellas que producen más de 200 MW anuales) sea Renovable No Convencional, esto acreditado por la Central de Despacho Económico de Carga (CDEC). Este cambio debe ser gradual en el tiempo, dependiendo del momento que se llevó a cabo el contrato, para al 2025 alcanzar el 20% de participación de ERNC en la matriz nacional. La Tabla 4 resume la progresividad de la Ley en la generación de ERNC –como participación de la energía total producida en el país.

Tabla 4
Progresividad Ley 20/25

Año	Retiros de ERNC
2013	5%
2014	6%
2015	7%
2020	12%
2021	13,5%
2024	18%
2025	20%

Fuente: Elaboración propia a partir Ley 20.698

Esta Ley permite el trabajo conjunto del sector público y privado, a través de un mecanismo de licitaciones. Las empresas incorporan las ERNC en búsqueda de lograr la participación establecida en la ley y, en el caso de no ser así, el Ministerio de Energía llevará a cabo licitaciones públicas con el fin de alcanzar el porcentaje de ERNC en la matriz energética. Los bloques de energía y los precios licitados tendrán una vigencia de 10 años desde que ingresa la energía.

1.7 Nueva Política Energética 2014

La Presidenta Michelle Bachelet a través de la Agenda de Energía³ encargada al Ministro de Energía: Máximo Pacheco, ha establecido ciertas metas y objetivos con el propósito de generar una energía confiable, inclusiva, sustentable y a precios razonables. Estas metas tienen relación con:

- Reducir los costos marginales en un 30% en los próximos 4 años;
- Impulsar las ERNC para cumplir la meta de la Ley 20/25;
- Reducir los precios de las licitaciones de suministro eléctrico;
- Transformar a ENAP en un actor protagónico en los desafíos energéticos;
- Desarrollar una Estrategia de Desarrollo Energético al 2035 y que sea validada por la sociedad chilena al 2050;
- Reducir en un 20% el consumo proyectado al 2025, a través del uso eficiente.

Para ello, se plantea seis pilares estratégicos los cuales se desea impulsar tanto en el corto como en el mediano y largo plazo.

³ Documento completo en español en:
<http://www.energia2050.cl/uploads/material/e199d53a2ec461d3244277bd09cea29500f3df87.pdf>

1. Nuevo rol del Estado:

- Fortalecimiento de la institucionalidad del Ministerio de Energía;
- Transformación de ENAP en una empresa robusta;
- Validar la Política energética a nivel social, político y técnico;
- Potenciamiento del capital humano, ciencia e innovación;
- Fortalecimiento del sistema de seguridad y emergencia energética;
- Transparentar de mejor manera la información energética;
- Resguardar el sector ambiental y social en las zonas de construcción y operación energética.

2. Reducción de precios con mayor competencia, eficiencia y diversificación del mercado:

- Mejorar la regulación de las licitaciones para clientes regulados;
- Reemplazar el diésel por gas natural licuado (GNL) para la generación eléctrica;
- Medidas eficientes en el Mercado de distribución de Gas de Red.

3. Desarrollo de recursos energéticos propios:

- Apoyo al desarrollo hidroeléctrico con fines de sustentabilidad;
- Estimular la integración de las ERNC (cumplir con la Ley 20/25) ;
- Desarrollar un mercado ERNC de autoconsumo;

- Desarrollar la energía geotérmica en localidades;
- Desarrollar planes especiales para zonas extremas;
- Mejorar el uso de dendroenergéticos.

4. Conectividad para desarrollo eléctrico:

- Nuevo marco regulatorio para el transporte de energía;
- Interconexión SING-SIC;
- Adecuar incorporación de ERNC a sistemas interconectados;
- Reformar a los Centros de Despacho Económico y de carga;
- Fortalecimiento de la interconexión regional.

5. Un Sector energético eficiente que gestiona el consumo:

- Establecer un Ley de eficiencia energética;
- Masificar proyectos de eficiencia energética;
- Promover la eficiencia energética en vivienda y construcción;
- Gestión energética de municipales;
- Campañas masivas y programas educacionales en eficiencia energética.

6. Impulso a la inversión energética para el desarrollo de Chile

- Desarrollar capacidades para el seguimiento y gestión de proyectos energéticos;
- Licitación de terrenos fiscales para el desarrollo de proyectos de generación;
- Apoyar el desarrollo de proyectos termoeléctricos seguros;
- Incorporación de la asociatividad local para proyectos energéticos.

7. Impulso a la inversión energética para el desarrollo de Chile

- Desarrollar una Agenda de Ordenamiento Territorial para la hidroelectricidad;
- Ordenamiento Territorial eficiente y sustentable;
- Diseños de estándares e institucionalidad para el desarrollo participativo.

Las políticas energéticas establecidas por el gobierno van dirigidas hacia un cambio en el paradigma actual que predomina en Chile, a través del cumplimiento de los ejes mencionados anteriormente. Junto a ello, se establecerán modificaciones institucionales como la creación de nueve SEREMIS de energía y cambios tributarios para incentivar el uso de energías limpias.

Para lograr a cabalidad las propuestas presentadas se pretende trabajar en conjunto con las comunidades y autoridades locales, esto con el fin de generar medidas que integran las opiniones de todos los sectores de Chile. El otorgamiento de mayor poder al Estado para enfrentar la situación energética futura no implica una acción secundaria de privados; la nueva política energética desea revitalizar la inversión en proyectos energéticos, para ello el rol que pueden tener los agentes privados es enorme. En la medida que haya un trabajo conjunto entre quienes son actores activos del mercado energético será posible llevar a cabo las propuestas. Así también, es necesario recalcar la labor que tendría el Ministerio de Bienes Nacionales en las licitaciones de concesiones de los terrenos fiscales para la realización de proyectos de ERNC.

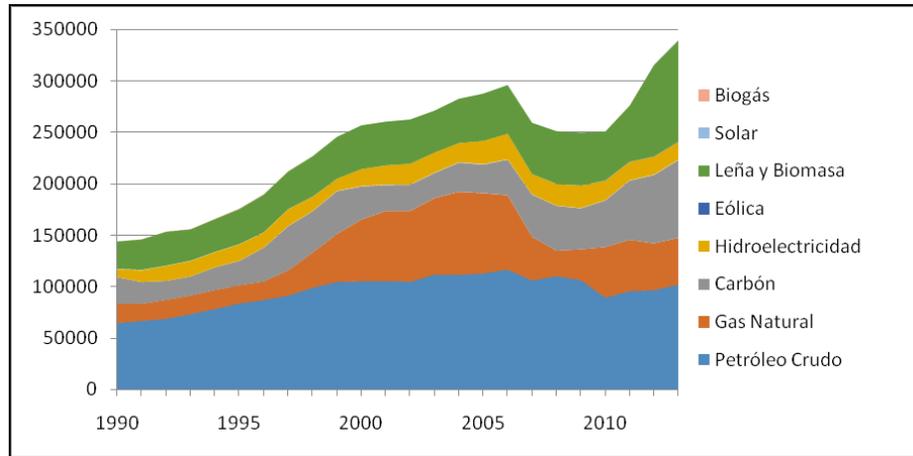
2. CAPÍTULO II: ¿POR QUÉ AVANZAR HACIA UNA MATRIZ ENERGÉTICA DISTINTA?

2.1. Panorama Nacional y Mundial Actual

Un desarrollo sostenible requiere cuestionar la forma en que se están llevando las decisiones en materia energética, así también si la estructura energética establecida es la más adecuada para el progreso del país. En esta línea, hemos observado que en Chile existe una alta dependencia del uso del carbón y petróleo como fuentes de energías primarias (Figura 13); según datos del balance de energía primaria, en el 2013, 30,1% de la energía primaria del país proviene del petróleo crudo, 29% de la leña y biomasa, 22,2% del carbón y 13,5% del gas natural (Energía M. d., Ministerio de Energía, 2014). El problema con esta situación es el alto nivel de contaminación que generan estas fuentes, por lo que deben ser una preocupación para las autoridades al momento de generar políticas energéticas.

Figura 13

Chile: Balance energía primaria 1990 – 2013 (Tcal)



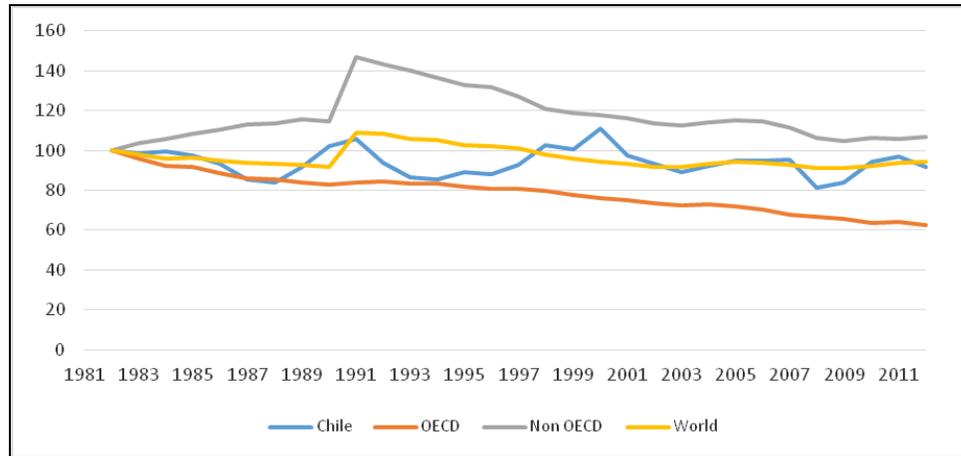
Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Energía

En relación a la intensidad de uso del carbón⁴, a pesar de que existen niveles similares con respecto a los países de la OCDE, si se analiza cómo ha sido el avance por el menor uso de esta fuente de energía, Chile no presenta grandes cambios (Figura 14).

⁴ La intensidad de carbono: La cantidad de carbono en peso emitido por unidad de energía consumida. Una medida común de la intensidad de carbono es el peso de carbono por unidad térmica británica (BTU) de energía. Cuando sólo hay un combustible fósil bajo consideración, la intensidad de carbono y el coeficiente de emisiones son idénticos. Cuando hay varios combustibles, la intensidad de carbono se basa en sus coeficientes de emisiones combinados ponderados por su nivel de consumo de energía. Fuente: EIA

Figura 14

Intensidad de uso del carbón (Índice 1981=100)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial

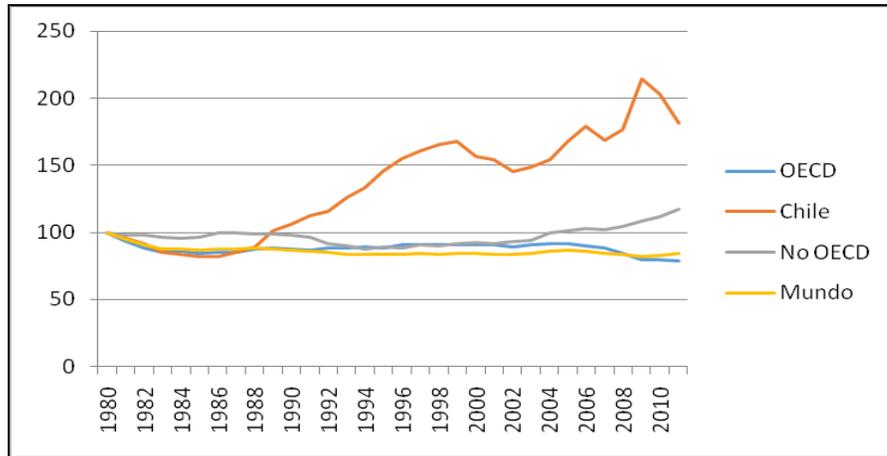
Los elementos que tienen mayor participación en la matriz energética en Chile, mostrado en el balance energético de las energías primarias, son los más contaminantes -con gases invernaderos- mermando la calidad de vida de las personas. Las consecuencias de estos se manifiestan en el cambio climático, el cual es un fenómeno atribuido a la acción humana y al desarrollo industrial, modificando la composición de gases en la atmósfera provocando aumentos de las temperaturas, de los niveles del mar y de las sequías (IPCC, 2014). Dentro de las actividades que generan estos gases se encuentran las quemas de combustibles fósiles (relacionado a la generación y uso de energía, industria y

transporte), cambios en el uso del suelo y manejo de desechos sólidos y líquidos, estos dos últimos con menor relación al mercado eléctrico. Dentro de los gases de efecto invernadero se encuentran el Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Ozono (O₃) y sustancias agotadoras de O₃.

A continuación se presentan gráficos de las emisiones de CO₂ per cápita de distintas fuentes de energía (Figura 15, Figura 16, Figura 17 y Figura 18), donde se compara la realidad de Chile con la de los países de la OCDE (incluyendo Chile), países No-OCDE y el mundo. En la Figura 17 se observa que Chile exhibe un aumento constante de las emisiones de CO₂, que se puede analizar desde dos aristas: la primera indica que el crecimiento económico experimentado por Chile ha estado acompañado por un aumento de las fuentes de energías primarias; y la segunda, tiene relación con la falta de medidas que promuevan la eficiencia energética en el país y que permita un progreso sin hacer uso de más recursos energéticos de carácter primario.

Figura 15

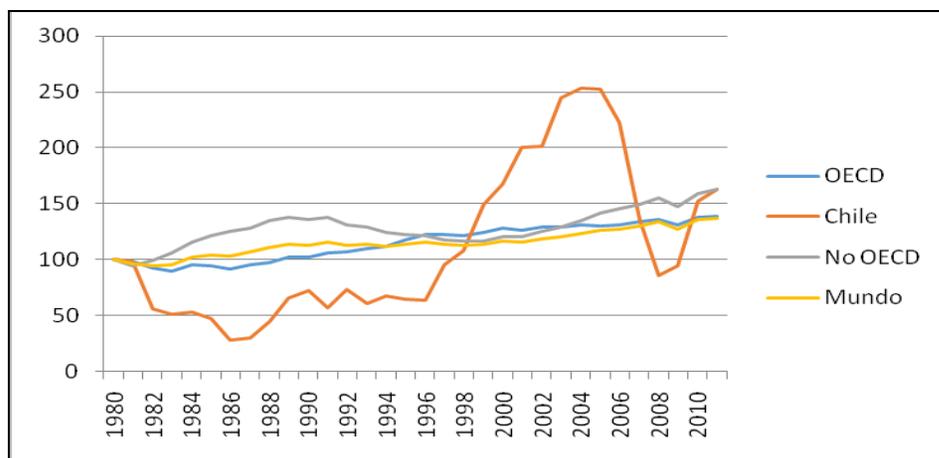
Emisiones de CO2 per cápita por consumo de petróleo (Índice 1980=100)



Fuente: Elaboración propia a partir del U.S. Energy Information Administration

Figura 16

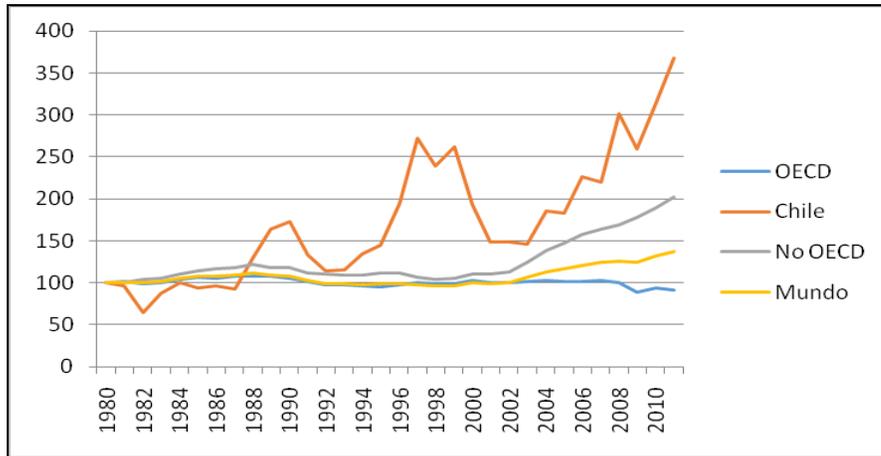
Emisiones de CO2 per cápita por consumo de gas natural (Índice 1980=100)



Fuente: Elaboración propia a partir del U.S. Energy Information Administration

Figura 17

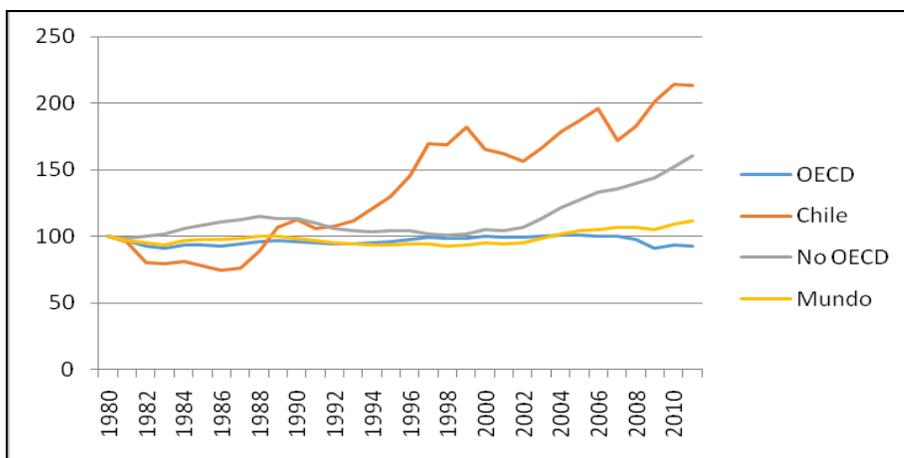
Emisiones de CO2 per cápita por consumo de Carbón (Índice 1980=100)



Fuente: Elaboración propia a partir del U.S. Energy Information Administration

Figura 18

Emisiones de CO2 per cápita (Índice 1990=100)

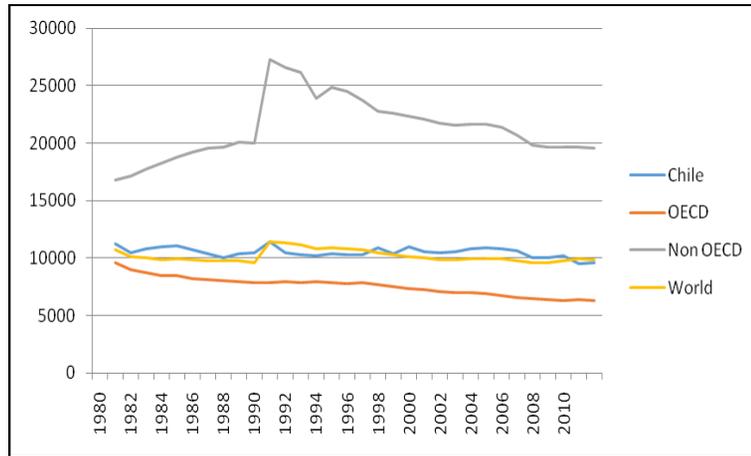


Fuente: Elaboración propia a partir del U.S. Energy Information Administration

La preocupación por el alto consumo de combustibles fósiles contaminantes está dada también por la intensidad de uso de energía (consumo de energía primaria por dólar de Producto Interno Bruto) en Chile, el cual se encuentra en niveles más altos que los países OCDE (Figura 19). Este indicador a pesar de que no es determinante en términos de eficiencia energética, sí proporciona ciertos indicios de cómo se configuran las políticas energéticas a nivel local. Desde 1980 hasta la actualidad no se han presentado grandes variaciones en la intensidad de uso, esto implica que aún no se ha logrado un desacoplamiento del crecimiento del PIB con el crecimiento de la demanda energética. Básicamente Chile está creciendo a una tasa similar al consumo energético (Figura 20), a diferencia de los países miembros de la OCDE (Figura 21), estableciéndose un patrón ineficiente de producción y uso de la energía. En la medida que se logre un crecimiento económico, entendiendo este en parte como una mayor producción y consumo de bienes y servicios en el país, y a la vez una tasa de crecimiento más baja del sector energético, implicaría que con los mismos recursos energéticos se estaría produciendo más.

Figura 19

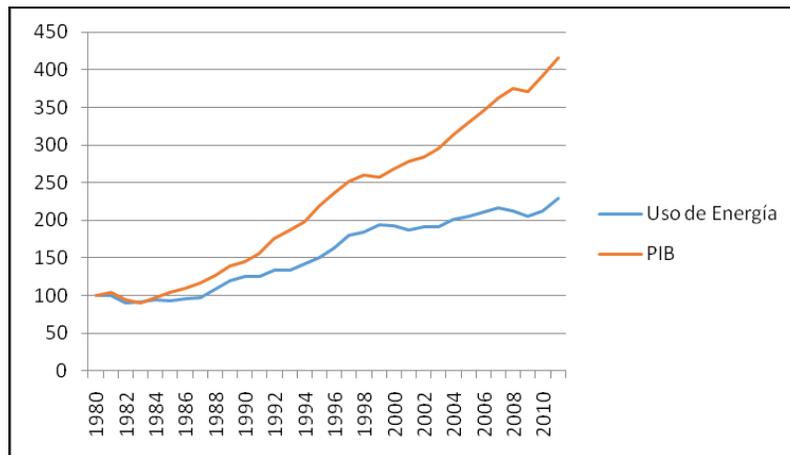
Intensidad de uso de la energía



Fuente: Elaboración propia a partir del U.S. Energy Information Administration

Figura 20

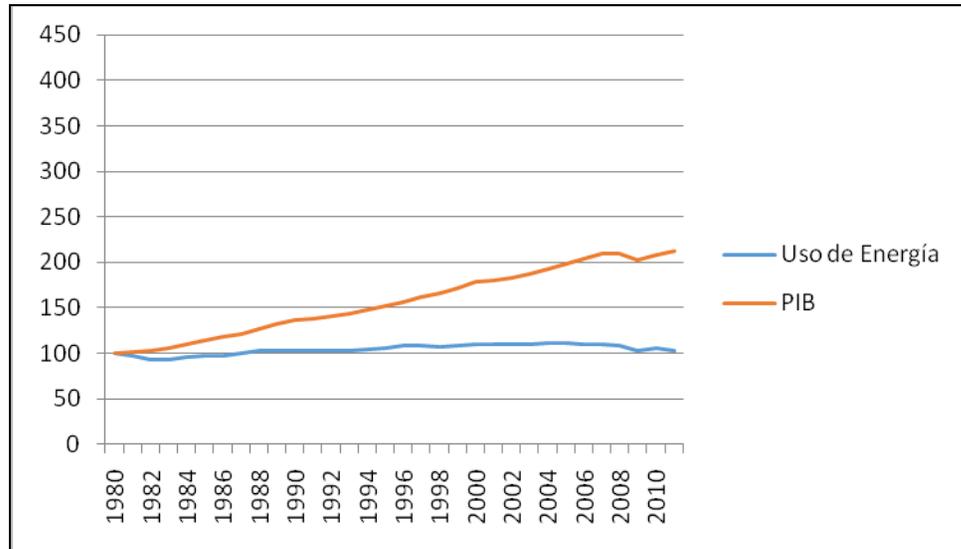
Índice tasa crecimiento Uso Energía – PIB, Chile (Índice 1980=100)



Fuente: Elaboración propia a partir del U.S. Energy Information Administration

Figura 21

Índice tasa crecimiento Uso Energía – PIB, Miembros OCDE (Índice 1980=100)



Fuente: Elaboración propia a partir del U.S. Energy Information Administration

Lograr el desacoplamiento entre PIB y consumo energético es posible en la medida que se generen políticas de desarrollo económico que incluyan aspectos como la innovación tecnológica, uso eficiente de los recursos energéticos que permitan alcanzar una disminución de los costos y entender el proceso productivo como un conjunto de etapas que contengan elementos esenciales del mercado eléctrico (CNE, 2008). Claro ejemplo de esto son las mineras en el norte del país cuyos nuevos proyectos incluyen la generación eficiente de energía aprovechando óptimamente los residuos que éstas

generan: un caso particular son las plantas de paneles solares que permitirían abastecer parte de los insumos energéticos que las mineras necesitan para procesar los minerales (A.G., 2014).

2.2 Costos de la energía en Chile

Los costos del mercado eléctrico dependen tanto de la generación de energía como del tipo de matriz eléctrica. Dentro de estos encontramos el costo marginal definido como el costo que supone generar una unidad adicional de energía y que, por lo tanto, es uno de los principales indicadores del mercado eléctrico y de su condición de adaptación entre oferta y demanda. Mediante el costo marginal es posible apreciar las oportunidades futuras de inversión en energía, siendo determinante para la toma de decisiones de los agentes del sector.

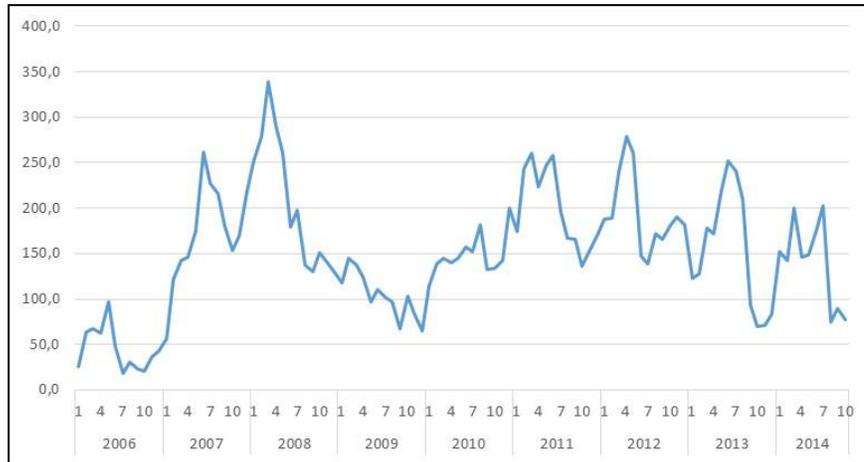
Para el desarrollo de las energías los generadores se enfrentan a dos mercados para venderla: el primero de ellos corresponde al mercado de contratos con empresas distribuidoras o grandes clientes y el segundo al mercado marginal (también denominado spot). Los primeros son contratos financieros, donde mediante la venta de energía se estabilizan los ingresos del generador vendedor, mientras que el segundo es un mercado físico, donde las generadoras aportan energías generadas, no necesariamente alineadas con

sus ventas por contratos (Energía C. , 2011). Así también, las empresas se ven expuestas a una situación de riesgos financieros cuando simultáneamente los costos del mercado spot superan a los costos de contratos y además hay una baja producción por parte de ésta. El evitar que los costos marginales estén altos es equivalente a decir “el sistema debe estar adaptado en un punto eficiente de producción”, lo que se logra con mayor oferta o con disponibilidad de insumos de producción a precios relativamente bajos (Energía M. d., Ministerio de Energía, 2014)

Las Figuras 22 y 23 presentan la situación histórica del mercado spot tanto para SIC como para SING. Estos costos marginales poseen una variabilidad dispar en los últimos años; por un lado los costos del SIC se mueven en una banda entre los U\$50 y U\$300 y los del SING entre los U\$50 y U\$150. En general existe un comportamiento frente al ciclo similar en las alzas y bajas de los costos, solo habiendo diferencias en la magnitud de estos.

Figura 22

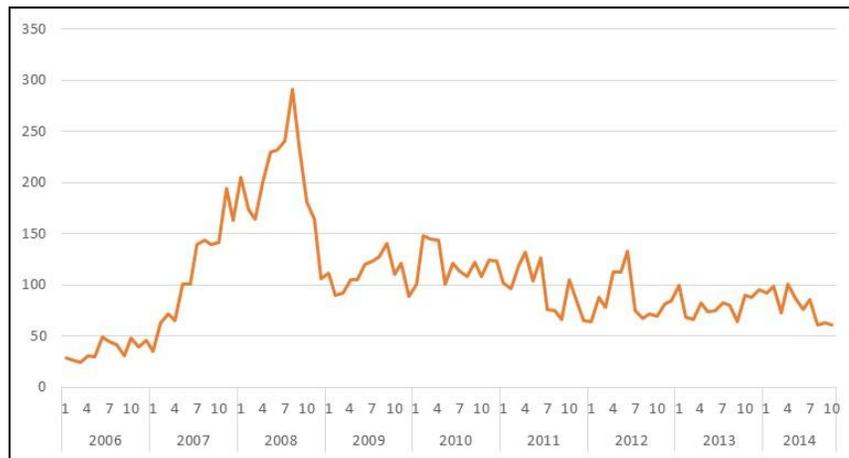
Costos marginales históricos de electricidad (SIC: Alto Jahuel 220)



Fuente: Comisión Nacional de Energía, 2014

Figura 23:

Costos marginales históricos de electricidad (SING: Crucero 220)



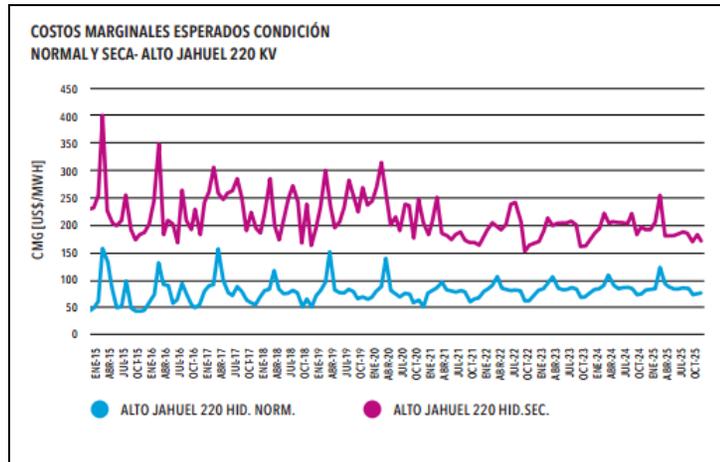
Fuente: Comisión Nacional de Energía, 2014

Dada la relevancia que tienen los costos marginales para la inversión en energía, las proyecciones son fundamentales para comprender adecuadamente el panorama energético del mercado eléctrico en Chile. Uno de los principales desafíos es el adecuado uso del agua, ya que corresponde a la única fuente de almacenamiento de energía. Por lo tanto, debido a las complejidades existentes se emplean modelos de optimización estocástica que contienen las operaciones de los generadores hidroeléctricos ante la incertidumbre hidrológica.

Las Figuras 24, 25, 26 y 27 presentan las proyecciones de costos marginales para el período 2014 – 2025 en los escenarios de año seco y de año normal. Las proyecciones realizadas por la Comisión Nacional de Energía muestran que las variaciones existentes entre condiciones hidrológicas secas y normales van disminuyendo debido al ingreso de un nuevo parque generador disponible para el despacho económico. A partir del 2020, y asumiendo los efectos derivados de la interconexión del SING y el SIC, los efectos de la estacionalidad causado por la oferta hidroeléctrica cae.

Figura 24

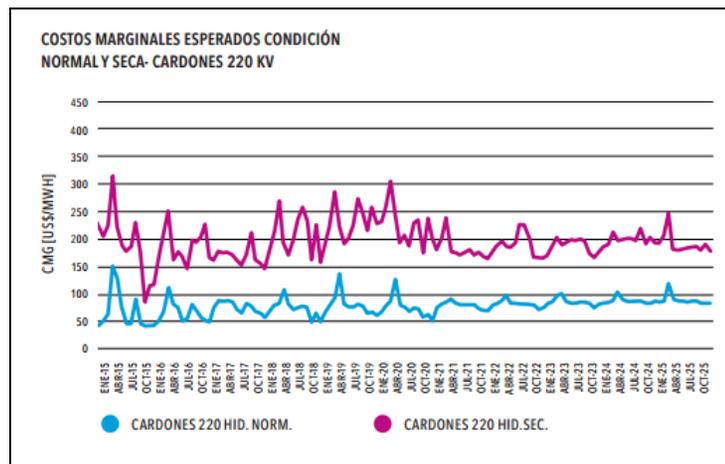
Proyección costo de la energía SIC – Alto Jahuel 220



Fuente: Agenda de Energía, Ministerio de Energía (2014)

Figura 25

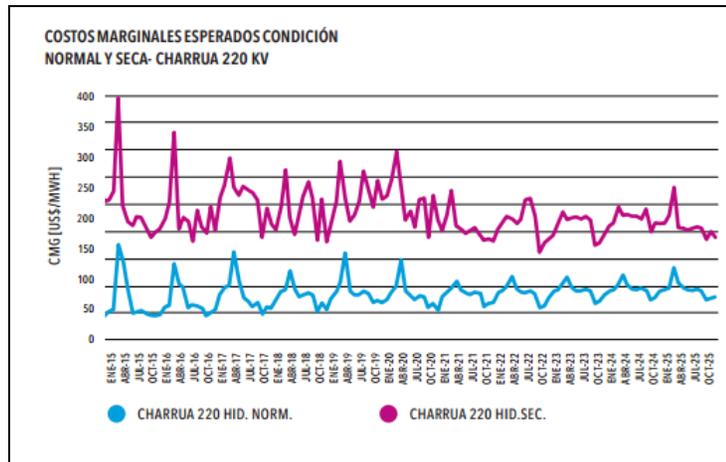
Proyección costo de la energía SIC – Cardones 220



Fuente: Agenda de Energía, Ministerio de Energía (2014)

Figura 26

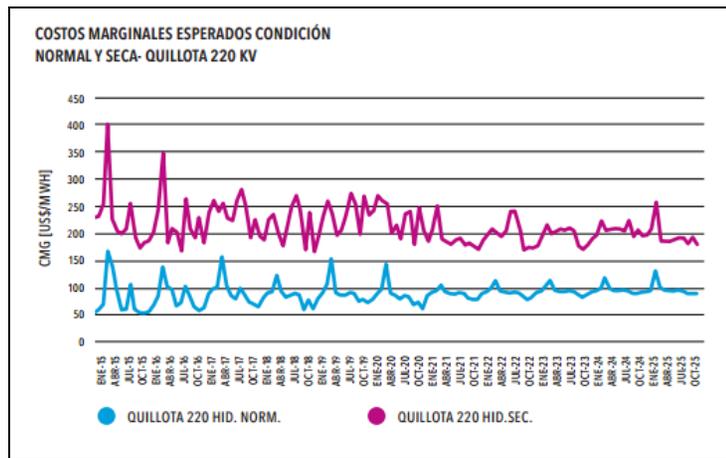
Proyección costo de la energía SING – Charrúa 220



Fuente: Agenda de Energía, Ministerio de Energía (2014)

Figura 27

Proyección costo de la energía SING- Quillota 220



Fuente: Agenda de Energía, Ministerio de Energía

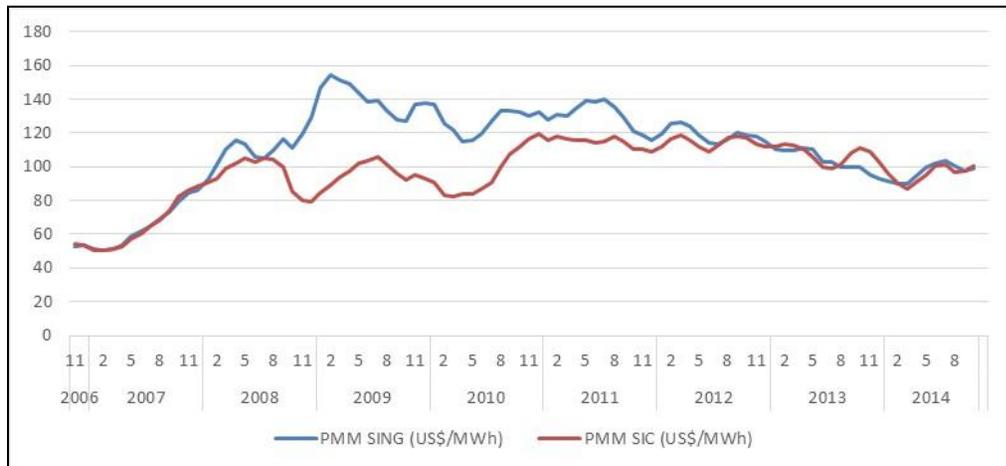
2.3 Precio Medio de Mercado (PMM)

El Precio Medio de Mercado corresponde al cociente entre lo que pagan los clientes libres a generadores por suministro y la energía demandada en el mismo período. Se considera un precio monómico⁵ que incluye la energía como potencia y a otros elementos relacionados al suministro. Considerar el precio monómico como variable principal responde a que refleja en gran medida los costes de generación de la energía que luego son transmitidos a los consumidores (BCN, 2010); el PMM puede ser una proxy adecuada de los costos de generación eléctrica. La Figura 28 compara el Precio Medio de Mercado del SIC y el SING en los últimos años, reafirmando lo mencionado anteriormente con respecto al comportamiento similar existente entre los costos de estos sistemas en los últimos años.

⁵ Monto total que equivale a un precio único por concepto de venta o compra de energía y potencia. Es igual al ingreso o costo total por venta o compra de energía y potencia dividido por la energía total vendida o comprada. (<http://www.aesgener.cl/inversionistas/Lists/Glosario/DispForm.aspx?ID=61>)

Figura 28

Chile: Precio Medio de Mercado 2006 – 2014



Fuente: Agenda de Energía, Ministerio de Energía (2014)

Finalmente se muestra las proyecciones del panorama energético del país por parte de las autoridades y que serán fundamentales al momento de establecer políticas energéticas de largo plazo. La Comisión Nacional de Energía a través de su Programa de Obras de Generación y Transmisión Anual, tomando en cuenta los aspectos legales existentes como la Ley 20/25 de las ERNC junto con los requerimientos de las dinámicas de la oferta y demanda, trata de determinar el camino eficiente en términos de generación, que se adapte de la manera más apropiada al sistema. La CNE puede establecer además aquellos

supuestos que considere apropiados en el mercado eléctrico, asumiendo que estos son determinantes para una buena proyección.

Las Tablas 5 y 6 muestran las proyecciones de la nueva capacidad instalada para la generación por tecnología en el período 2014 – 2025. Según las estimaciones, la capacidad instalada de las Energías Renovables No Convencionales crecen a una tasa más alta que la de los combustibles fósiles, sin embargo, en términos absolutos, aquellas energías más contaminantes predominan en la matriz energética del país.

Tabla 5

Nueva capacidad instalada para la generación de energía por tecnología, período 2014 – 2025 (Incorporación de nueva capacidad de generación en construcción)

Tecnología	Incorporación de nueva capacidad de generación en construcción					
	Nueva Generación (MW)			Nueva Generación (%)		
	SIC	SING	Total	SIC	SING	Total
Hidro-Pasada	1014,4	0	1014,4	49,6%	0,0%	29,6%
Carbón	152	472	624	7,4%	34,2%	18,2%
GNL (GN)	50	517	567	2,4%	37,4%	16,5%
Eólica	363	0	363	17,8%	0,0%	10,6%
Solar	443	390	833	21,7%	28,2%	24,3%
Geotermia	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%
Biomasa	22	0	22	1,1%	0,0%	0,6%
Diésel	0	3	3	0,0%	0,2%	0,1%
Total	2044,4	1382	3426,4	100%	100%	100%
% ERNC	43,9%	28,2%	37,6%			

Fuente: Agenda de Energía, Ministerio de Energía (2014)

Tabla 6

Nueva capacidad instalada para la generación de energía por tecnología, período 2014 – 2025 (Parque de generación esperada a enero del 2025)

Tecnología	Parque de generación esperada a enero de 2025					
	Potencia instalada (MW)			Potencia instalada (%)		
	SIC	SING	Total	SIC	SING	Total
Hidráulica Embalse	3709	0	3709	20,1%	0,0%	15,2%
Gas Natural	2886	1958	4844	15,6%	33,3%	19,9%
Petróleo Diesel	2335	177	2512	12,6%	3,0%	10,3%
Hidráulica Pasada	3605	0	3605	19,5%	0,0%	14,8%
Carbón	2446	2405	4851	13,2%	40,9%	19,9%
Carbón-Petcoke	562	0	562	3,0%	0,0%	2,3%
Biomasa	408	0	408	2,2%	0,0%	1,7%
Eólica	1289	340	1629	7,0%	5,8%	6,7%
Mini Hidráulica Pasada	450	15	465	2,4%	0,3%	1,9%
Biomasa-Petróleo N°6	88	0	88	0,5%	0,0%	0,4%
Petcoke	63	0	63	0,3%	0,0%	0,3%
Biogas	43	0	43	0,2%	0,0%	0,2%
Solar	451	699	1150	2,4%	11,9%	4,7%
Fuel Oil N°6	0	178	178	0,0%	3,0%	0,7%
Geotermia	160	90	250	0,9%	1,5%	1,0%
Otros	0	18	18	0,0%	0,3%	0,1%
Total	18495	5880	24375	100%	100%	100%
% ERNC	18,70%	19,80%	18,90%			

Fuente: Agenda de Energía, Ministerio de Energía (2014)

Las proyecciones en ventas de energía, Tabla 7, corresponden al primer aspecto que es necesario analizar en términos de la generación, ya que antes de plantearse las fuentes de energías más eficientes hay que tener presente cuánta necesitaremos en el futuro para suplir la demanda de los distintos sectores de la sociedad, sean comercial, residencial o de transporte. En la medida que las proyecciones entreguen indicios de la necesidad urgente de mayores recursos energéticos, las políticas diseñadas estarán más cercanas al mediano plazo que al largo plazo.

Desde el 2008, en Chile se han incorporado proyecciones a la baja en el crecimiento, debido principalmente al uso eficiente de la energía que se pretende estimular en el país. Actualmente las predicciones para el largo plazo se ajustan a una tasa cercana al 4% tanto para el SIC como para el SING, lo que expresa una caída con respecto a años anteriores que preveía un crecimiento de alrededor del 7%. Esto implicaría, por ejemplo, que las proyecciones para el año 2025 serían 31% más bajas que las actuales, lo cual evitaría las sobre proyecciones en el mercado energético y podría llevar a generar distintas políticas energéticas. Estas tasas podrían disminuir en la medida que se elaboren programas de eficiencia y ahorro energético tanto para los hogares como para las industrias, de esa manera se podría alcanzar un desacoplamiento entre las curvas de proyección de consumo energético y el real uso.

Tabla 7

Proyecciones venta de energía 2014 - 2025

Proyección de ventas de energía				
Año	SING (GWh)	SIC (GWh)	SING (Tasa %)	SIC (Tasa %)
2014	16.591	50.973	5,9%	5,6%
2015	17.695	53.543	6,7%	5,0%
2016	18.832	56.074	6,4%	4,7%
2017	20.009	58.553	6,3%	4,4%
2018	21.248	61.062	6,2%	4,3%
2019	22.509	63.638	5,9%	4,2%
2020	23.831	66.241	5,9%	4,1%
2021	25.211	68.896	5,8%	4,0%
2022	26.640	71.579	5,7%	3,9%
2023	28.130	74.289	5,6%	3,8%
2024	29.626	77.079	5,3%	3,8%
2025	31.127	79.867	5,1%	3,6%

Fuente: Agenda de Energía, Ministerio de Energía (2014)

2.4 Evolución de las bandas de precios de los combustibles fósiles

Otro aspecto relevante son los precios que enfrentan las principales fuentes de energía en la matriz energética actual en Chile. Los precios del carbón, diésel, gas natural y petróleo se rigen según los movimientos de oferta y demanda internacional, por lo cual escapan de cualquier control que puedan hacer las autoridades locales. En la medida que se prescindiera de este tipo de recursos es posible lograr estabilidad en el mercado eléctrico; además, con el desarrollo de tecnologías en materia de generación energética y dependiendo de recursos locales habrá una seguridad y menor incertidumbre y riesgos en el futuro.

La Figura 29 muestra proyecciones de la banda de precio internacional para el diésel, GNL, Carbón y Fuel-Oil, existiendo un patrón común al alza. Exceptuando el carbón, las demás fuentes de energía poseen bandas de precios estrechas, de manera que no existiría tanta incertidumbre sobre el comportamiento que tienen éstas, en términos de su valor en el tiempo.

Figura 29

Proyección banda de precios combustibles fósiles



Fuente: Bloomberg Energy Finance, 2013

Frente a lo expuesto en este capítulo y la necesidad de una matriz energética distinta para el país, son varios los aspectos que dan indicios de una posible crisis en el mediano y largo plazo en el mercado eléctrico local, pudiendo generar perjuicios económicos, sociales y ambientales. (Electricidad, 2014)

Chile posee un alto uso de fuentes contaminantes para la generación de electricidad en la actualidad, situación que se puede complejizar con el crecimiento estimado por lo autoridades de las ventas de energía al año 2025, con una tasa cercana al 4% para el SING y SIC. Las estimaciones indican que para el 2025 la capacidad instalada de energías limpias crecerá más que la de las contaminantes, a pesar de ello, en términos de participación éstas últimas predominarán; esto ahondaría aún más las dificultades ambientales en la sociedad. En ese sentido, es necesario proponer un cambio de matriz que permita una capacidad instalada distinta en el largo plazo, sin la construcción de proyectos termoeléctricos, los cuales utilizan en mayor cantidad carbón.

Por otra parte, los costos actuales de la electricidad en Chile se encuentran en niveles altos, son los más elevados en América Latina tanto para los hogares como para la industria (BCN, 2012). Junto a esto, los costos marginales para el SING y SIC en los últimos años se han mantenido constantes (Figura 22 y Figura 23) y las proyecciones para los próximos 10 años (Figuras 24, 25, 26 y 27) no presentan grandes variaciones. Estos altos costos de la energía pueden perturbar a nivel doméstico como industrial, afectando a la economía en su crecimiento y productividad por la falta de dinamismo e inversiones tecnológicas (Hurtado & Corbo, 2014).

Avanzar hacia una matriz distinta se fundamenta en la medida que se identifiquen dificultades futuras en la generación, distribución y/o transmisión, las cuales desencadenan en una crisis energética. Los altos costos que se mantendrían en el tiempo y un lento avance en la generación de electricidad mediante energías limpias impulsan esta idea. Anteponerse a los problemas eléctricos que puedan surgir en el país mediante políticas públicas o nuevas reglamentaciones por parte de las autoridades, permitirían una mayor holgura de tiempo en la materialización de los proyectos que se desean llevar a cabo en el país.

Es necesario una matriz diferente, pero ¿qué camino debe optar Chile en materia eléctrica? Las ventajas comparativas en términos de los recursos naturales que posee y la experiencia tecnológica internacional en la generación de energías limpias llevarían a una mayor seguridad energética y abaratamiento de los precios en el largo plazo (ACERA & NRDC, 2013).

3. CAPÍTULO III: ¿POR QUÉ ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES?

Para avanzar hacia una generación de energías limpias y eficiencia energética en Chile, aún es necesario establecer normas y criterios que permitan desarrollar un marco regulatorio más firme e instalar con claridad los incentivos que tanto el Estado como los privados deben dar a conocer a todos los agentes participantes en el mercado eléctrico. Para ello, resulta interesante cuestionarse si las Energías Renovables No Convencionales son el camino adecuado para alcanzar las metas propuestas y que permitiría al país avanzar correctamente en temas ambientales, sociales y económicos.

Son muchos los estudios que a través de diferentes miradas sustentan la idea que las Energías Renovables No Convencionales consolidarían el mercado eléctrico, entregando un perfil innovador y más competitivo (GIZ, 2012), además de un uso eficiente de los recursos que el medioambiente nos otorga. Sin embargo, hay quienes creen que este tipo de energías representan más aspectos negativos que positivos, ya que a priori las ERNC no garantizan la seguridad energética.

Dentro de las desventajas de las ERNC se pueden mencionar

1. La inversión inicial es más alta en comparación a las fuentes de energía convencionales y la recuperación de ésta es a largo plazo.
2. La cantidad de energía producida es limitada y alcanza solamente para las necesidades básicas de electricidad.
3. La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas y geográficas.

Junto a estos elementos generales, se han planteado efectos negativos locales para cada fuente de ERNC que dicen relación al impacto colateral que se generaría sobre el suelo y la fauna. Fuentes de energías renovables como el viento, el sol, la geotermia, la biomasa y la de poder hídrico produciría impactos ambientales negativos los cuales variarían según la intensidad de uso, tecnología usada y ubicación geográfica. Por lo tanto, no es trivial que en una matriz compuesta mayoritariamente de ERNC prevalecerá un ambiente limpio; también es necesario enfocar las decisiones de materia energética hacia la eficiencia en: generación, distribución y transmisión.

En la generación de energía eólica el impacto en el uso de la tierra va variando sustancialmente según su localización y el tamaño de las turbinas utilizadas, por ello es necesario tener presente el costo de oportunidad entre la generación de electricidad y el uso de la tierra. Además, es necesario considerar el efecto del gran tamaño de las infraestructuras para el vuelo de las aves y la vida

salvaje en general. Un estudio del National Wind Coordinating Committee (Collaborative, 2010) evidenció la muerte de las aves por las colisiones con las turbinas y por los cambios de presiones existentes por los movimientos de las aspas. Sin embargo, en el último tiempo se ha desarrollado tecnologías con el fin de minimizar estos efectos y favorecer mediante una apropiada instalación la vida salvaje en los sectores intervenidos.

Otro ejemplo es la relación con la generación de energía geotérmica y los posibles impactos sobre el consumo y la calidad del agua. El funcionamiento de las plantas geotérmicas llevan a que se reinyecte el agua utilizada en el depósito inicial después de que se usó, esto con el fin de evitar la contaminación y el debilitamiento del suelo. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se reinyecta toda el agua ya que parte de ella se pierde en el proceso como vapor, y parte de la que se reinyecta está contaminada. Junto a ello, existen efectos sobre el uso del suelo y las emisiones atmosféricas. Son numerosos los casos de contaminación generada por las fuentes de ERNC, siendo particulares para cada caso y los cuales dependerán del proceso que se lleva a cabo.

A pesar de los defectos existentes en la generación de este tipo de energía, la literatura nacional e internacional defiende ampliamente la implementación y uso de este tipo de energía en la matriz de generación eléctrica. Los

documentos presentados por el Ministerio de Energía en los últimos años se han dedicado a defender extensamente la utilización de las ERNC⁶. La Estrategia Nacional de Energía 2012 - 2030⁷ explicita los desafíos existentes en Chile y el rol que cumple la generación de energías más limpias, para un desarrollo sustentable y un progreso económico acompañado de lo social y ambiental. Como se mencionó anteriormente, el programa propuesto por el Gobierno de Michelle Bachelet presenta una profundización en este sentido, donde se pretende alcanzar las metas establecidas en el largo plazo para la generación de electricidad mediante una alta participación de ERNC. En el sector energético existe consenso en un cambio de paradigma en el ahorro energético y un compromiso por parte de todos los actores sociales, ambientales, económicos y políticos para cambiar a una matriz energética más limpia, con menores costos, más inclusiva con la sociedad y más comprometida con la naturaleza (CNE, 2008).

El estudio “Evaluación Ambiental Estratégica Matriz Eléctrica Óptima de Chile al 2030” desarrollado por el Centro de Economía Sustentable y Cambio Climático de la Universidad de Chile, evaluó cinco alternativas de posibles matrices de generación eléctrica para el desarrollo energético al año 2030, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales. Mediante una consulta a un

⁶ Revisar en: <http://www.minenergia.cl/documentos/estudios.html>

⁷ Revisar en: <http://www.minenergia.cl/documentos/estudios/2012/national-energy-strategy-2012-2030.html>

panel de 60 expertos, y utilizando criterios de eficiencia económica, competencia, seguridad, calidad y estabilidad del suministro, salud pública y efecto sobre las comunidades, el estudio concluyó que, desde el punto de vista del panel de expertos consultado, la Matriz Eléctrica Óptima es la que incorpora las Energías Renovables No Convencionales, no incluyendo el desarrollo del Proyecto HidroAysén. Por otro lado, el Consejo para la Defensa de Recursos Naturales a través de su artículo: “The Economic Benefits of Non-Conventional Renewable Energy in Chile”⁸ plantea que Chile tiene la real oportunidad de llegar a ser el líder en generación en energía sustentable y que para ello el país debe desarrollar fuentes de Energías Renovables No Convencionales, basado en el gran potencial de recursos naturales cerca de los centros de demandas energéticas, una economía sólida y los incentivos existentes por parte de los inversores nacionales e internacionales en las ERNC (Naturales, 2013). Todo esto llevaría a grandes beneficios para la sociedad como es una mayor cantidad de empleos, junto a un desarrollo de la tecnología lo cual se encuentra directamente relacionado con la inversión y desarrollo existente en un país. Recordar que este último punto es de vital importancia para la solidez de una economía, estando Chile bastante retrasado y por lo tanto significaría un gran avance (en el período 2011–2012, Chile registró un gasto en I+D equivalente a solamente 0,35% del PIB, lo cual es

⁸ Revisar en: <http://www.nrdc.org/international/files/chile-ncre-IB.pdf>

sustantivamente bajo comparado con el promedio de los países OCDE quienes registraron un 2,4%. Chile se encuentra en el último lugar del ranking en esta categoría⁹). Finalmente el Estudio “Imaginando un Chile Sustentable: Cinco hallazgos sobre el futuro del sistema eléctrico y energético de Chile” desarrollado por Juan Pablo Carvallo, Patricia Hidalgo-González y Daniel M. Kammen concluyen en la importancia que tienen las Energías Renovables No Convencionales y el gas natural y las buenas consecuencias que generaría cambiar una matriz en base a carbón: disminución de los costos en el largo plazo, disminución de emisiones de gases invernaderos y mayor competitividad (Juan Pablo Carvallo, 2014).

Finalmente, la necesidad de promover las Energías Renovables No Convencionales para la formación de una matriz energética distinta a la actual se puede fundamentar desde el punto de vista teórico y desde el punto de vista práctico. A nivel teórico, en los últimos años se ha investigado a través de simulaciones y desarrollos potenciales la factibilidad de hacer uso de las ERNC para suplir las necesidades de producción y consumo de un país. Asumiendo un agotamiento de los recursos proporcionados por la tierra (aquellos no renovables: carbón, petróleo, etc.) y los altos niveles de contaminación, la búsqueda de energías limpias pretenden modernizar la matriz energética. Como

⁹ Revisar en: <http://www.fayerwayer.com/2014/02/inversion-en-investigacion-y-desarrollo-de-chile-baja-a-035-del-pib/>

se ha mencionado anteriormente, la literatura aprueba que parte de la generación eléctrica se dé mediante ERNC, principalmente por las externalidades que genera y la diversificación entregada. Por lo mismo, los distintos estudios locales han determinado que ésta sería la mejor opción para el país, existiendo un acuerdo por parte del sector económico, ambiental y político. El consenso por parte de los investigadores entrega indicios de lo favorable que es inclinarse por este camino, teniendo presente que es el más adecuado con las tecnologías y los conocimientos actuales.

Sin embargo, la literatura es incapaz de dar respuestas definitivas a los problemas y/o crisis que se dan en la sociedad, por lo tanto la revisión de los sucesos generados por el uso de ERNC pueden entregar mejores respuestas para la toma de decisiones. Los países de la Unión Europea y Estados Unidos principalmente, debido a las crisis energéticas que los afectaron en las últimas décadas, han promovido la generación de Energías Renovables No Convencionales (CNE, 2008). Esto llevó al desacoplamiento entre el crecimiento del PIB y el uso de energía, junto con el desarrollo de nuevas tecnologías y conocimientos que impulsaron las ERNC en el resto del mundo a través de la creación de nuevas industrias energéticas. El predominio de este tipo de energías limpias tiene fuertes impactos en una economía, entregando un crecimiento sostenible para el país en términos socio-económicos. Por esta razón, constantemente los países más desarrollados han dirigidos sus

esfuerzos para perfeccionar todo tipos de dispositivos y tecnologías que permitan aminorar el daño al medio ambiente, a través de la utilización de aquellos recursos inagotables (o con tasas de agotamiento bajas) (Barton, 2007).

La elección de ERNC para el país se enmarca en este panorama mundial dado por la seguridad energética y ambiental, abaratamiento de los costos a largo plazo, beneficios sociales y económicos que se generan. Todo esto por las diversas fuentes existentes de energías limpias, que se adecúan a los requerimientos que la sociedad necesita y a los niveles de inversión que se disponen para realizar los cambios pertinentes. En general existe un consenso ampliado en la generación de ERNC en el mercado eléctrico en Chile para avanzar en materia energética, aspecto que se encuentra retrasado en la actualidad. La discusión en esta materia apunta en otro sentido; ¿Cuál de las fuentes de ERNC es mejor para el país? Anteriormente se mencionó que una matriz energética en base a ERNC se caracteriza por la diversificación existente; no es factible bajo aspectos ambientales y de seguridad energética y económica desarrollar exclusivamente una sola fuente de ERNC. Sin embargo, puede resultar beneficioso especializarse en aquella fuente donde existan ventajas competitivas.

4. CAPÍTULO IV: DESAFÍO DE LA ENERGÍA OCEÁNICA EN CHILE

4.1 ¿Por qué la energía oceánica?

Se define como energía oceánica a toda aquella proveniente del océano a través de las olas del mar, de las mareas, de la salinidad y de las diferencias de temperatura¹⁰. Esta diversidad de fuentes permite un desarrollo de diferentes tecnologías, las cuales aprovechan la energía cinética y mecánica. Chile posee una fuerte ventaja en el desarrollo de energía oceánica en comparación con las demás fuentes de energía debido a los altos valores potenciales de la energía de las olas y mareas de la costa de Chile continental, junto al dinamismo de la economía (factor que promueve el desarrollo de cualquier tipo Energía Renovable No Convencional)¹¹.

Inclinarse por la opción de energía oceánica como fuente principal para el desarrollo del sector eléctrico responde a una reformulación del mercado eléctrico, inserto en un panorama realista y que busca cambiar el paradigma industrial en Chile (exportadores de recursos naturales principalmente), siendo pioneros en las exportaciones de bienes finales y conocimientos sobre Energías Renovables No Convencionales. Promover el desarrollo de las energías limpias

¹⁰ Definición obtenida de: <http://cifes.gob.cl/tecnologias/marina/>

¹¹ Información obtenida de: <http://www.energiaciudadana.cl/blog/chile-liderara-investigacion-de-energia-marina#.VLInUyuG8TA>

genera una gran cantidad de efectos colaterales, los cuales pueden ser positivos y/o negativos, como se mencionará en las siguientes secciones.

¿Por qué Energía Oceánica? Inicialmente, es primordial tener claro el concepto de ERNC. La característica principal de las ERNC es que establecen un proceso de transformación y aprovechamiento de energía útil donde no se consumen ni tampoco se agotan en escala humana (dependiendo de su forma de explotación)¹². Con ello puede existir un uso permanente (dependiendo de la escala) que sí puede variar por las condiciones climáticas. Las fuentes de ERNC principales son la hidráulica, solar, eólica y oceánica, así también la proveniente de la biomasa y geotermia pueden entrar en esta descripción, lo cual variará dependiendo de su forma de explotación. Según el último informe del Centro de Energías Renovables No Convencionales de Octubre del 2014¹³ la energía eólica posee una mayor participación en operación, con 41%, mientras que en construcción la solar fotovoltaica es la que tiene más participación con un 53%. Todo esto enmarcado en una participación de 9,25% de las ERNC dentro de la generación total de energía eléctrica.

En primera instancia resulta difícil definir cuál fuente de ERNC es más conveniente, debido a los beneficios y externalidades positivas que generan

¹² Definición obtenida de:

http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/14_portal_informacion/la_energia/ernc.html

¹³ Revisar en http://www.cifes.gob.cl/mailling/2014/octubre/REPORTE_Oct%202014.pdf

cada una de éstas. Por ello, diversos estudios han intentado establecer cuál sería la fuente más apropiada para el desarrollo y progreso de la matriz energética. En el caso de Chile, los análisis del mercado eléctrico se han inclinado por el desarrollo de las energías eólicas, fotovoltaicas e hídricas a baja escala principalmente. (ACERA & NRDC, 2013; CNE, 2008; Renewable, 2014). Esta decisión se basa en el avance tecnológico para el aprovechamiento de estas fuentes y a la certidumbre en el retorno de la inversión y generación eléctrica para el país.

En términos ambientales, de costos y generación eléctrica existen muchas similitudes entre las distintas fuentes de Energías Renovables No Convencionales (habiendo ciertas excepciones). Por ejemplo, el factor planta para la energía eólica, solar, oceánica (mareomotriz y undimotriz) e hidráulica varían entre el 30% y 50% (Ahlers & Arellano, 2010) y se estima que los costos marginales en el largo plazo serán competitivos entre cada una de estas fuentes (NRDC, 2011). Así, en el largo plazo se espera, en el mercado eléctrico chileno, que todas las fuentes de ERNC sean desarrolladas para proveer del insumo energético necesario para el funcionamiento del país (Centro de Energía, 2011).

La elección de energía oceánica se enmarca en un conjunto de cualidades que benefician a todo el país en los ámbitos sociales, económicos y ambientales.

Efectos que no se dan en otro tipos de fuentes, principalmente por los avances actuales en sus tecnologías, ventajas competitivas de otros países sobre Chile, y por las pocas ventajas comparativas que posee Chile, en comparación con aquellos países pioneros en la generación de ERNC (APCTT, 2012). En esa línea, el hecho que la energía oceánica se encuentra en etapa de crecimiento, donde en los últimos años solo se han desarrollado proyectos pilotos, y la ventaja comparativa que posee Chile con los 4.000 km de costas, favorece un posible liderazgo en el desarrollo de este tipo de energías por sobre los demás países. Aprovechar estas circunstancias podría posicionar al país como un referente de las energías limpias, en especial de las energías oceánicas, instalando una nueva industria de conocimientos y tecnologías y creando nuevos empleos. Esto impactaría positivamente a la sociedad a través de un fortalecimiento de la economía, mayor inversión y financiamiento de proyectos, junto con mejoras en la educación, con el desarrollo de nuevos conocimientos y conciencia sobre el ahorro y uso de la energía.

Otro componente esencial es el horizonte de tiempo de las políticas propuestas. Muchas de las políticas públicas que se establecen en Chile poseen serias falencias (Pressaco, 2012), lo que puede impedir el logro de metas que se proponían en un principio, causando posiblemente en el mediano plazo, más complejidades de las que habían en un principio. Una de las principales causas dice relación a la formulación cortoplacista de las propuestas debido en parte al

populismo, a la falta de instrumentos evaluativos y a la poca continuidad que se da a éstas a través de los distintos gobiernos (Lacoste, 2009; Luna & Seligson, 2007). En este sentido, el hecho de que haya gobiernos de 4 años y sin reelección genera que las políticas no sean establecidas, en un inicio, con una mirada de largo plazo, enfocándose principalmente a la obtención de resultados rápidos en el menor tiempo posible lo cual ha llevado al fracaso de propuestas urbanas, ambientales, educacionales, etc. (Garretón, 2012). Para el caso de la formulación de una política energética de largo plazo sustentable, es necesario establecer consensos entre todos los actores, independientemente de los sectores ideológicos a que ellos pertenezcan, además de una alianza pública-privada que permita la cooperación mutua y el desarrollo hacia una sociedad mejor. La idea de establecer un desarrollo en el largo plazo se basa en el hecho de que para el establecimiento de nuevas tecnologías y un ambiente propicio para una nueva matriz energética es necesario progresar en aspectos legales, de inversión y desarrollo, laborales, educacionales, etc. los cuales requieren progresivos cambios a través del tiempo, comprometiendo al Estado y a los gobiernos de turno.

El tiempo puede llegar a ser una variable determinante en las tomas de decisiones, ya que en la espera por realizar las reformas pertinentes se pueden profundizar los problemas o crisis en el país. Sin embargo, en la medida que se lleve a cabo una planificación adecuada, se amplía el marco de acción de

nuevas propuestas energéticas, permitiendo la innovación y la generación de nuevas tecnologías, promoviendo la formación de capital humano y la generación de spillovers.

Es fundamental entender la energía no sólo como un input en una función de producción sino en su amplio rol social, resultando interesante el impacto que puede tener en la sociedad a nivel académico a través de las investigaciones en energía o por otro lado la relevancia que tiene en mejorar la calidad de vida de los habitantes de un país desde una perspectiva de indicadores económicos como es el IPC. En el documento “Índices Analíticos: IPC Base Anual 2013¹⁴” del Instituto Nacional de Estadística se muestra que el índice energía está compuesto por nueve índices, representando el 8,66% de la ponderación de la canasta del IPC; esta alta ponderación puede repercutir a nivel social en los precios y ajustes salariales.

¹⁴ Revisar documento en:
http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_precios/ipc/base_2013/antecedentes_metodologicos/indices_analiticos_base2013.pdf

4.2. Tipos de tecnologías ERNC en el mar

4.2.1 Tecnología Mareomotriz

La energía mareomotriz se produce a través del efecto que tiene la luna y el sol en las mareas mediante las alzas y bajas de las aguas, por lo tanto la factibilidad de implementación se da en sectores donde existan diferencias de mareas suficientes para que el movimiento genere energía. Los estudios realizados ¹⁵muestran que ésta diferencia debe ser superior a los cinco metro de altura. Dentro de la tecnología mareomotriz se encuentra dispositivos de embalsamiento y turbinas de eje horizontal y vertical.

Energía mareomotriz con embalsamiento

Este tipo de tecnología corresponde a centrales mareomotriz de barrera la cual consiste en encauzar el agua de la marea en una cuenca y accionar las turbinas de una central eléctrica (Renovable, Centro de Energía Renovable, 2013). Así también, cuando las aguas se retiran se puede generar electricidad nuevamente usando un generador de turbina reversible. Actualmente en Corea del Sur existe la central Sihwa Tidal, la cual es el mayor proyecto como central mareomotriz de embalse, cuya construcción tardó 5 años con un costo de

¹⁵ Revisar en: http://www.tidalenergy ltd.com/?page_id=1370

inversión cercano a los 250 millones de dólares. Posee una capacidad instalada de 254 MW y una capacidad de generación anual de 552,7 GWh¹⁶.

Turbinas de eje horizontal

Las corrientes marinas originadas principalmente por el movimiento de rotación de la tierra, los vientos constantes, la configuración de las costas y la ubicación de los continentes (Program, 2013), generan energía cinética la cual se transforma en electricidad, siendo posteriormente enviada a una central de distribución. Para que exista un funcionamiento más adecuado de estos dispositivos, las tecnologías utilizadas deben ser similares para cualquier tipo de corrientes, ya que de esa manera se aprovecha las altas densidades del agua del océano. La estructura física de este tipo de tecnología es similar a los aerogeneradores, en el cual se utiliza una turbina de eje horizontal sumergida en el agua. En Strangford Lough, Irlanda, se ha desarrollado este tipo de tecnología con una potencia de 1,2 MW, lo cual ha representado un avance en una forma distinta de generación eléctrica, pero que ha restringido la navegación.

¹⁶ Datos obtenidos de: <http://www.power-technology.com/features/featuretidal-giants---the-worlds-five-biggest-tidal-power-plants-4211218/>

Turbina de eje vertical

Este tipo de tecnología tienen dos o tres hojas montadas a lo largo de un eje vertical formando un rotor, el cual a través del aprovechamiento de las corrientes marinas y su energía mecánica crea un empuje en las hojas haciendo girar al rotor para luego generar electricidad. A pesar de que este tipo de aparatos es nuevo en el mercado de generación de energía oceánica, representa un avance en el buen aprovechamiento de los espacios disponibles en los sectores costeros. Actualmente en Canadá se ha estado implementando este tipo de funcionamiento tecnológico mareomotriz.

4.2.2 Tecnología undimotriz

La energía undimotriz es aquella proveniente del movimiento oscilatorio de las olas, cuya energía cinética y potencial se absorbe a través de distintos dispositivos. La generación de las olas se producen por el efecto de la energía solar, la cual calienta la superficie terrestre creando el viento y en consecuencia, oleaje. La particularidad de las olas es su capacidad de desplazamiento en grandes distancias sin mucha pérdida de energía, por lo cual las olas generadas en cualquier sector del océano acabarán en las costas, donde estarán ubicados los dispositivos de generación eléctrica. Dentro de la tecnología undimotriz se encuentra dispositivos Atenuador, de Desbordamiento,

de Columna de Agua Oscilante, Absorbedor Puntual y Convertidor de Olas Oscilantes.

Atenuador

Este tipo de aparato son estructuras largas que flotan en la dirección de las olas, las cuales absorben la energía de éstas. El funcionamiento es a través del contacto de la ola con el dispositivo provocando que las uniones se doblen y se muevan, similar a un sistema hidráulico que produce electricidad, además de tener un pequeño sector perpendicular que permite experimentar con fuerzas reducidas. Este tipo de tecnología fue desarrollada en Inglaterra y posteriormente utilizada en ese mismo país y en Portugal.

Desbordamiento

Los dispositivos de desbordamiento son sistemas formados por una rampa en la cual las olas viajan hacia una represa de almacenamiento elevado, creando una columna de agua en este la cual posteriormente es liberada a través de unas turbinas hidroeléctricas de baja caída a medida que el agua fluye de vuelta hacia el mar. Este tipo de tecnología fue desarrollado y probado en Dinamarca

Columna de agua Oscilante (OWC)

Una columna de agua oscilante corresponde a un recolector sintonizado de resonancia parcialmente sumergido, abierto hacia el mar bajo la superficie de agua y que contiene aire retenido sobre una columna de agua. Ésta se mueve verticalmente con el movimiento de las olas actuando como un pistón que comprime y descomprime el aire. El aire es conducido después a una turbina de aire utilizando el flujo a medida que es empujado hacia afuera y succionado de vuelta al colector. La ventaja principal de este tipo de tecnología es que es posible adaptarlo en la costa en rompeolas. Fue desarrollado en Inglaterra y posee una potencia nominal de 500kW, lo cual a pesar de no ser una tecnología a gran escala resulta óptimo su uso debido al buen aprovechamiento de los sectores de la costa no utilizados.

Absorbedor Puntual

Este tipo de tecnología corresponde a una estructura flotante que absorbe la energía desde todas las direcciones de las olas, ya sea por movimientos verticales o pendulares, lo cual es permitido por su tamaño pequeño en comparación con la longitud de las olas. Este dispositivo puede ser diseñado para resonar con períodos de oleaje natural y maximizar la energía que puede captar, a la vez la generación de ésta puede ir desde generadores hidráulicos

hasta lineales. Su funcionamiento radica en la utilización de la energía mecánica producida por los movimientos mencionados anteriormente, posteriormente es transmitido a una bomba hidráulica situada en la parte baja del cuerpo de la boya que permite accionar un generador eléctrico. El país de origen de esta tecnología es Estados Unidos.

Convertidor de Olas Oscilantes (OWSC)

El funcionamiento del convertidor de olas oscilantes es a través de la extracción de la energía del movimiento compensador de las olas. Por lo general estos dispositivos se encuentran anclados al relieve oceánico en sectores cercanos a la costa y básicamente corresponde a una bomba energizada por olas, la cual empuja el agua a alta presión a la costa hacia una turbina hidroeléctrica. Diseñado y desarrollado en Inglaterra.

4.2.3 Gradientes térmico y salino marinos

Debido a la inercia térmica que posee el mar, por las diferencias de temperatura entre la superficie y las aguas profundas que poseen una temperatura más baja, se almacena energía que se manifiesta a través de un gradiente de temperatura. Mediante una máquina térmica con un diferencial de temperaturas, aprovechando el ciclo de Carnot, se absorbe este tipo de energía. El funcionamiento es continuo con una circulación del agua de manera vertical,

produciendo un flujo de agua por diferencia de temperatura y densidad hacia la superficie. El uso de este tipo de dispositivos es más apropiado en zonas tropicales donde existe una gran diferencia de temperaturas.

Tecnología para el aprovechamiento del gradiente térmico ("OTEC")

Esta tecnología utiliza las diferencias existentes entre la temperatura de la superficie del mar y las capas de aguas más profundas, por lo cual se basa en un ciclo termodinámico que usa el agua de la superficie del océano con temperaturas cercanas a los 25°C para evaporar, a través de un intercambio de calor, un fluido de trabajo de bajo punto de ebullición. Posteriormente el vapor se expande y acciona una turbina que se encuentra acoplada a un generador para producir electricidad. Luego el vapor es enfriado y condensado por medio de otro intercambio de calor, utilizando el agua del mar bombeada desde el océano. Una vez condensado el fluido es reutilizado cerrando el ciclo continuo de generación de electricidad. Cuando mayor sea el diferencial de temperatura, más eficiente será esta tecnología.

Gradiente de salinidad

El gradiente de salinidad está basado en la presión osmótica, lo cual se denomina gradiente salino, y se da cuando es posible la combinación de grandes cantidades de agua salada de mar con agua dulce. Ejemplo de ello, es

en la desembocadura de ríos. El retardo de la presión osmótica consiste en bombear agua marina a un depósito, donde la presión es inferior a la presión osmótica entre el agua dulce y salada. El agua dulce fluirá a través de una membrana semipermeable incrementando el volumen de agua en el depósito que puede generar electricidad mediante una turbina hidráulica.¹⁷ Por otra parte, la electrodiálisis inversa consiste en el fenómeno inverso a la desalación de agua. Mediante membranas selectivas a los iones se crea electricidad en forma de corriente continua.

4.2.4 Energía eólica offshore

La energía eólica offshore es una adaptación de la energía eólica terrestre pero en ultramar la cual posee una maduración mayor en aspectos como la infraestructura y además en el ámbito comercial. Estos tipos de dispositivos cuentan con 4,1 GW de capacidad operativa al 2011 y se espera que al 2020 alcance los 50 GW a nivel mundial¹⁸. A pesar de que constituye actualmente solo el 2% de la energía eólica producida y que principalmente en Europa se encuentran las principales centrales eólicas offshore, la eficiencia energética de estos dispositivos llevará su distribución a nivel mundial en aquellos países que inviertan en ERNC.

¹⁷ Revisar en: www.revista-anales.es/web/n_14/pdf/seccion_8.pdf

¹⁸ Revisar en: www.repsol.com/es_es/corporation/prensa/newsletter/8-eolica-offshore.aspx

La principal ventaja de los parques offshore frente a los emplazados en superficie terrestre es que al no existir obstáculos que puedan reducir la velocidad de viento (cerros, árboles, formaciones rocosas, entre otros) este se puede aprovechar de mejor manera. A esto se suma la creciente dificultad de encontrar nuevas zonas en tierra donde sea factible desarrollar proyectos técnica y económicamente viables, especialmente en aquellos países que ya cuentan con una capacidad eólica significativa. La principal desventaja radica en los altos costos los cuales están relacionados con la poca maduración de este tipo de tecnología en el mar. Sin embargo, se espera un descenso en los costos a medida en que se avance hacia un mayor perfeccionamiento.

A continuación se presenta un resumen del estudio realizado por la consultora Philippi Yrarrázaval Pulido & Brunner: “Análisis del marco regulatorio para incorporar fuentes de energías renovables no convencionales en el mar chileno”, el cual resume los proyectos de energía oceánica a nivel mundial (Tabla 8). Esta Tabla junto con mostrar aquellos países innovadores en la generación de energía oceánica, da a conocer la producción a baja escala en la generación de este tipo de energía, indicando que es un mercado energético en formación. Esto puede ser aprovechado por países que tienen ventajas competitivas y/o comparativas, como es el caso de Chile.

Tabla 8

Resumen de proyectos de energía oceánica

Tecnología	Proyecto	País	Potencia Instalada (MW)	Unidades de generación	Superficie utilizada (km ²)	Profundidad lecho marino (m)	Distancia a costa (m)	Densidad de potencia (MW/km ²)	Uso de fondo marino	Uso de borde costero o cercano a él
Embalse	SHWA	Corea del Sur	260	26	56	Costa	0	4.6	Fundaciones de embalses y de turbinas.	Embalse
Embalse	La Rance	Francia	240	24	22	Costa	0	10.9	Fundaciones de embalses y de turbinas.	Embalse
Embalse	Annapolis	Canadá	18	1	6	Costa	0	3.0	Fundaciones de embalses y de turbinas.	Embalse
Embalse	Jiangxia	China	3.9	5	2	Costa	0	2.0	Fundaciones de embalses y de turbinas.	Embalse
Turbinas marinas	Rite	EEUU	1	30	S/I	S/I	S/I	S/I	Anclajes y líneas de interconexión de dispositivos y línea de media tensión de transmisión de energía.	S/I
Turbinas marinas	Kyle Rhea	UK	5	4	S/I	35	430	S/I	Anclajes de dispositivo y línea de transmisión de energía a la costa.	S/I
Turbinas marinas	Sherries	UK	10	7	S/I	40	S/I	S/I	Anclajes de dispositivo y línea de transmisión de energía a la costa.	S/I
Turbinas marinas	MeyGen	UK	398	398	3.5	s/i	S/I	113.7	Anclajes de dispositivo y línea de transmisión de energía a la costa.	Subestación de interconexión a la red.
Turbinas marinas	Westray South	UK	200	200	15	25-54	S/I	13.3	Anclajes de dispositivo y línea de transmisión de energía a la costa.	Subestación de interconexión a la red.
Turbinas marinas	Islay Tidal	UK	400	No definido	8.5	25-50	S/I	47.1	Anclajes de dispositivo y línea de transmisión de energía a la costa.	Subestación de interconexión a la red.
Turbinas marinas	Ness of Duncass	UK	95	95	2.4	50-70	S/I	39.3	Anclajes de dispositivo y línea de transmisión de energía a la costa.	Subestación de interconexión a la red.
Turbinas marinas	Cannick Head	UK	200	No definido	11.1	60-80	S/I	18.0	Anclajes de dispositivo y línea de transmisión de energía a la costa.	Subestación de interconexión a la red.
Undimotriz, Abs. Atenuador	Isla Principal de Shetland	UK	10	14	2	110	4000	5	Varos anclajes de cables y cadenas por dispositivo, líneas de interconexión dispositivos y línea de media tensión de transmisión.	Subestación de interconexión a la red.
Undimotriz, Abs. Atenuador	West Orkney South	UK	50	66	30	50-80	3000	1.7	Varos anclajes de cables y cadenas por dispositivo, líneas de interconexión dispositivos y línea de media tensión de transmisión.	Subestación de interconexión a la red.
Undimotriz, Abs. desbordamiento	Tecóico (Wave Dragon)	Tecóico	50-80	7	3.2	25	S/I	15-25	Subestación de dispositivo y línea de media tensión de transmisión.	Subestación de interconexión a la red.
Undimotriz, OWC	Limpet	UK	0.5	2	0.17 (NI)	Costa	0	3 (NI)	Solo en el terreno contiguo a la costa donde se alojan los dispositivos.	Relevante. Todos los dispositivos de captación y transformación de energía.
Undimotriz, Abs. Puntual	Portland	Australia	19	45	S/I	S/I	10000	S/I	Varos anclajes de boyas por dispositivo, líneas de interconexión dispositivos, subestación y línea de media tensión de transmisión.	Subestación de interconexión a la red.
Undimotriz, Abs. Puntual	Santora	España	1.39	10	S/I	20-30	4000	S/I	Varos anclajes de boyas por dispositivo, líneas de interconexión dispositivos, subestación y línea de media tensión de transmisión.	S/I
Undimotriz, Abs. Puntual	Reedport, fase 1	EEUU	1.5	10	0.12	50-69	4600	12.5	Varos anclajes de boyas por dispositivo, líneas de interconexión dispositivos, subestación y línea de media tensión de transmisión.	Línea de transmisión subterránea.
Undimotriz, Abs. Puntual	Reedport, total	EEUU	50	333	2.4	50-69	4600	20.8	Varos anclajes de boyas por dispositivo, líneas de interconexión dispositivos, subestación y línea de media tensión de transmisión.	Línea de transmisión subterránea.
Undimotriz, OWS	Brought Head, fase 1	UK	50	No definido	3 (NI)	10-15	500	16.7 (NI)	Fundaciones de dispositivos de unos 30 m ² son soldadas al fondo marino, tuberías para transportar agua a alta presión a la costa.	Relevante. Sistema de generación hidroeléctrico y tuberías de alta presión.
Eólica offshore	Varios	Varios	200	66	28	15	8000	7.0	Fundaciones de aerogeneradores y subestación, líneas de interconexión de aerogeneradores y línea de transmisión a costa.	Subestación de interconexión a la red.

Nota (NI): Para kilómetros lineales a lo largo de la costa.

Fuente: Philippi Yrarrázaval Pulido & Brunner, 2013

Como se mencionó anteriormente los proyectos de energía marítima se han desarrollado principalmente en Europa y en Estados Unidos, donde existe una alta inversión en estas nuevas tecnologías para la generación de energías limpias. Por otro lado, en los países en desarrollo se da lo contrario: baja inversión y poco incentivo a la Investigación y Desarrollo. Esto, sumado a los altos costos actuales de la energía marina y la poca participación de las ERNC, conduce a que se adopte tecnologías desarrolladas por otros países en lugar de promover las propias.

4.3 ¿Qué ventajas posee Chile para el desarrollo de Energía Oceánica?

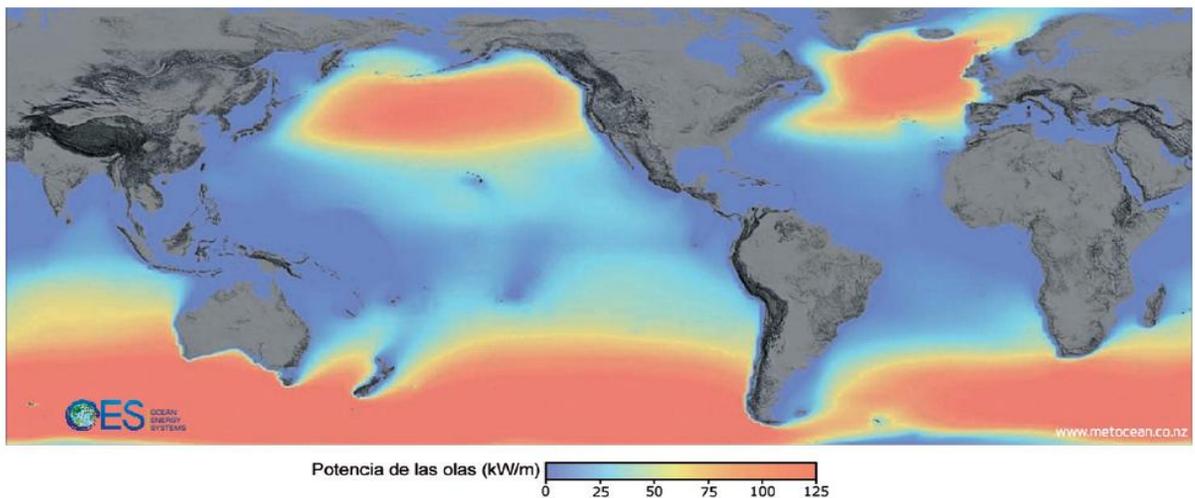
La principal ventaja geográfica para impulsar el desarrollo de Energía Oceánica en Chile son sus 4.000 km de costas, lo cual da fuertes posibilidades de utilizar distintos mecanismos y tecnologías para producir energía eléctrica y abastecer la matriz energética con energías limpia. Esta ventaja con respecto a otros países podría permitir, como se ha expuesto extensamente, el desarrollo de un capital humano fuerte y aumentar la inversión en investigación y desarrollo.

El Ocean Energy System a través de su publicación “An International Vision for Ocean Energy” en el 2011 publicó un mapa con la energía potencial teórica tanto para la energía proveniente de las olas, de las mareas, diferencias

térmicas y gradiente salino¹⁹. Este estudio fue hecho en base a la proyección de demanda eléctrica para los países de la OCDE como para los no OCDE (ver Anexo 3), junto a la oportunidad que significa cambiar el paradigma energético con el uso en base a carbón, donde se espera que para el 2050 pueda alcanzar una capacidad instalada de 748 GW y una emisión de carbón de 5,2 billones de toneladas. Las Figuras 30, 31, 32 y 33 grafican el potencial mundial de energía Undimotriz, Mareomotriz, Diferencias Térmicas y Gradiente Salinos respectivamente.

Figura 30

Mapa potencial energía Undimotriz en el mundo

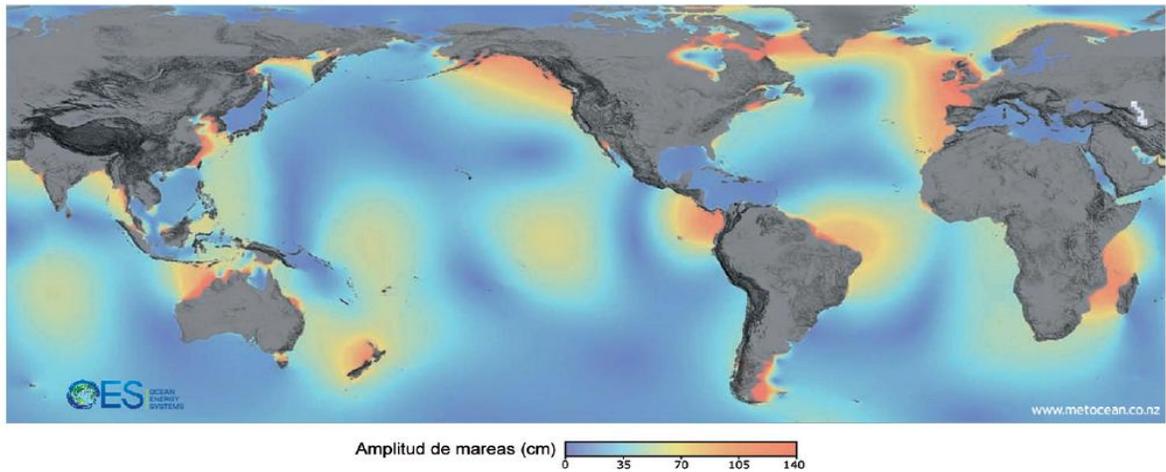


Fuente: Ocean Energy System, 2011

¹⁹ Revisar el documento en: http://www.oceanrenewable.com/wp-content/uploads/2011/05/oes_vision_brochure_2011.pdf

Figura 31

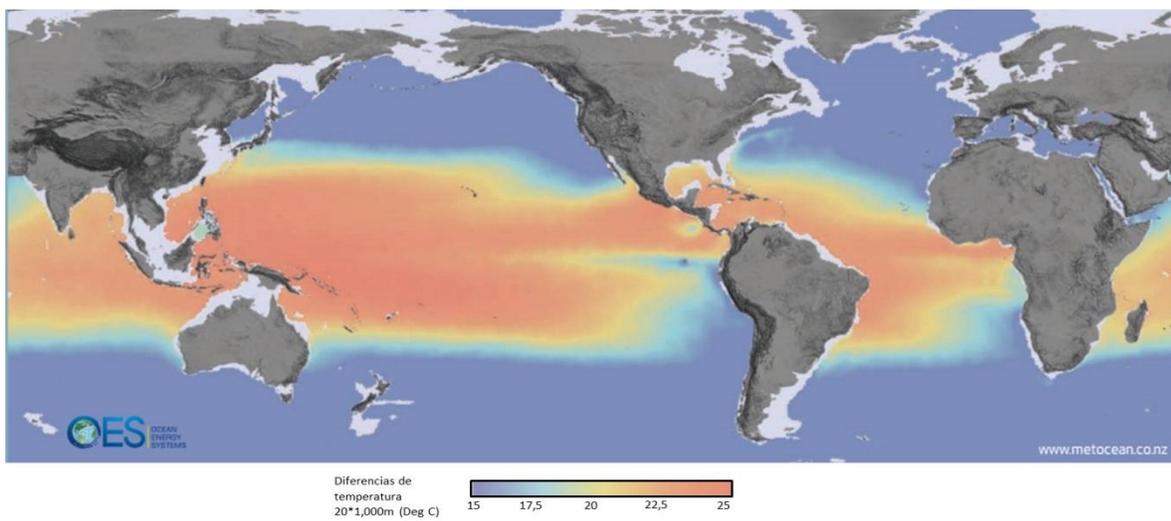
Mapa potencial energía Mareomotriz en el mundo



Fuente: Ocean Energy System, 2011

Figura 32

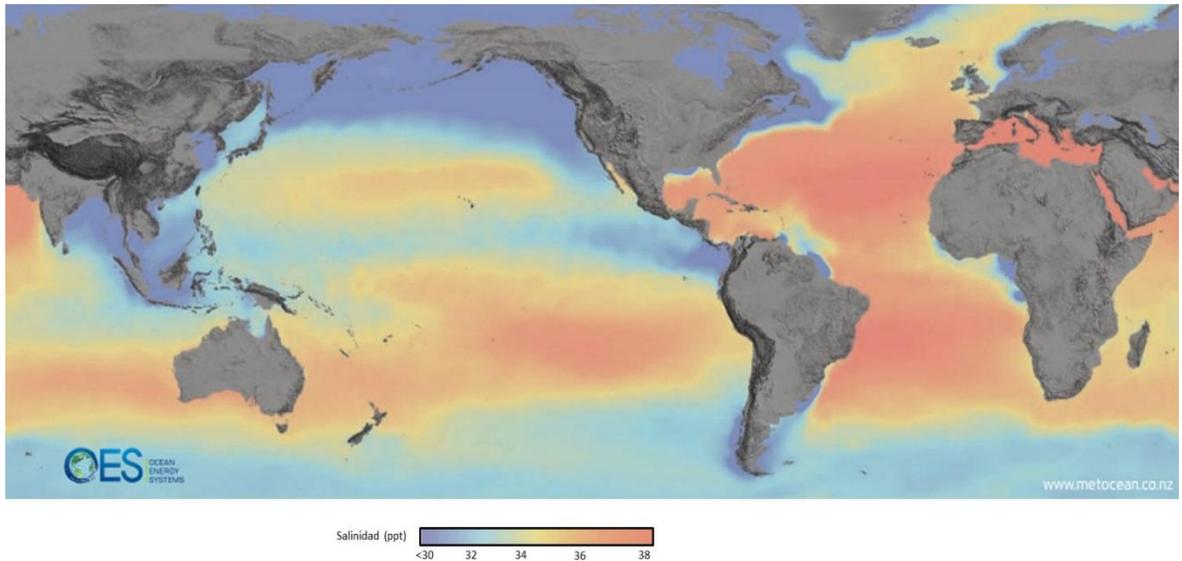
Mapa potencial energía por Diferencias térmicas



Fuente: Ocean Energy System, 2011

Figura 33

Mapa potencial energía Gradiente salino en el mundo



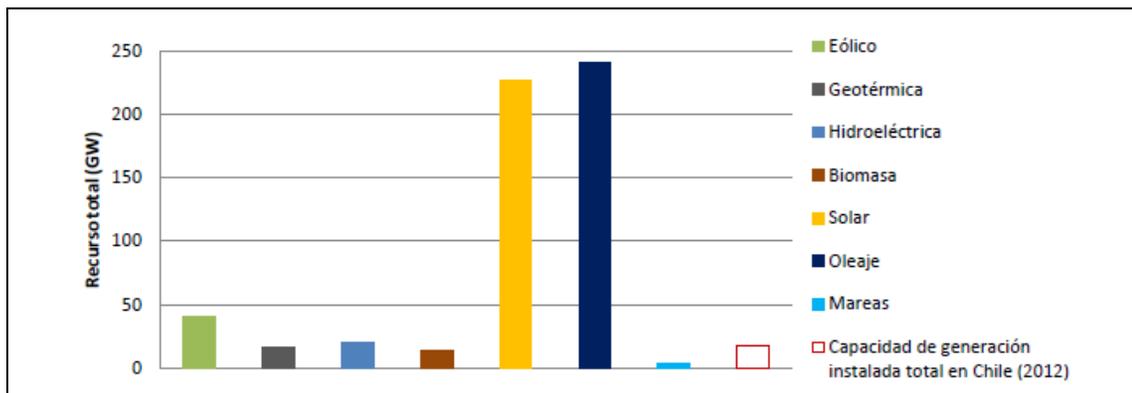
Fuente: Ocean Energy System, 2011

El potencial de energía mareomotriz es menor que la undimotriz, mientras que la generación a través de gradientes salinos y diferencias térmicas poseen los niveles más bajos para el caso de Chile. Esto sin embargo, no significa que se generen políticas que excluyan dispositivos cuyas fuentes de energía oceánica potencial no sean elevadas. Se puede considerar proyectos a menor escala capaces de abastecer a una región que posea ventajas en un tipo de energía en particular, sin la necesidad de llevar a cabo megaproyectos poco eficientes.

Otro punto interesante, hace referencia a la escala de generación mediante las olas y en menor medida con las mareas. El estudio: “Recomendaciones para la Estrategia de Energía Marina: un plan de acción para su desarrollo”, realizado por el Centro de Energías Renovables y Baird & Associates S.A muestra que los recursos existentes de Energías Renovables sobrepasan de gran manera las demandas actuales de electricidad. Para el caso de la energía undimotriz el potencial teórico bruto alcanzaría los 240 GW, mientras que para la energía producida por las olas es suficientemente intensa como para producir energía en toda la costa del Pacífico (Aqatera, 2014). Esto es posible apreciarlo en la Figura 34.

Figura 34

Potencial teórico bruto ERNC en Chile



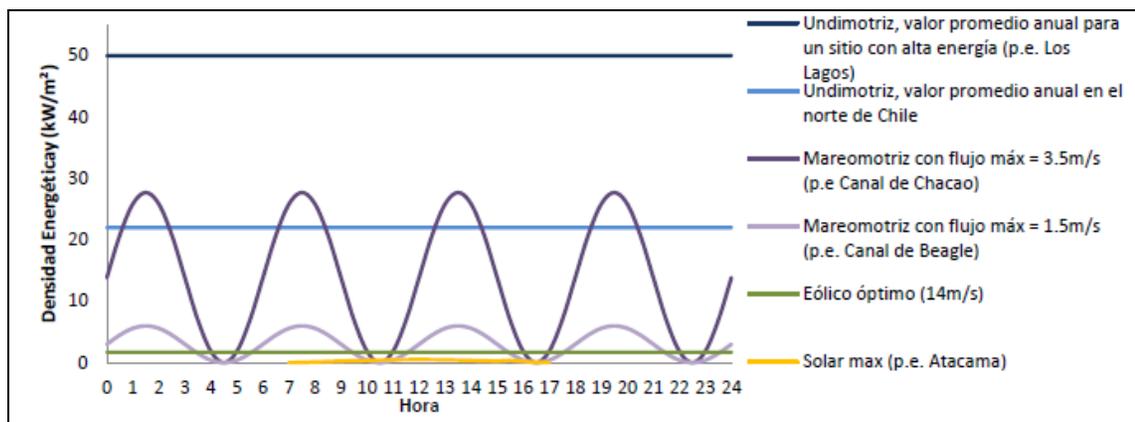
Fuente: Aqatera, 2014

Por otro lado los recursos energéticos basados en la fuente mareomotriz participan en menor escala dentro de este potencial teórico, donde las mayores corrientes se encontrarían en el Estrecho de Magallanes y en el Canal de Chacao, aun así es posible encontrar otros sectores potenciales para producir este tipo de energía pero con menores valores (Cruz, 2009).

La Figura 35 muestra la densidad de las fuentes de energía, donde se recalca que se necesita menos superficie en el caso de la energía oceánica para generar la misma cantidad de energía en relación a la eólica y solar. Esto es relevante al momento de realizar una comparación entre fuentes de energías y su eficiencia para el desarrollo de una matriz más limpia.

Figura 35

Densidad energética por territorio



Fuente: Aquatera, 2014

Otro punto importante es el factor de planta definido como la variabilidad de producción en el tiempo, característica importante en las fuentes de Energías Renovables No Convencionales. En el caso de Chile, el factor proyectado se encuentra en los niveles más altos a nivel mundial debido principalmente a un movimiento constante de las olas. Al existir la posibilidad de pronosticar anticipadamente el momento y los niveles de energía con que las olas llegan a las costas y junto con ello, la velocidad del viento, el factor planta para la energía mareomotriz alcanzaría el 30%, debido además por los períodos de inactividad experimentado cuando el flujo se revierte entre mareas altas y bajas. La ventaja existente para la energía oceánica radica también en el hecho de producir en la oscuridad, y a la vez, a excepción de la energía eólica offshore, no existe una fluctuación con un ritmo similar que la energía eólica, pero por contraparte es difícilmente controlable. Las posibilidades de instalar dispositivos de generación eléctrica en sectores costeros de difícil acceso y donde proveer de electricidad se vuelve dificultoso son más altas en este caso.

Tabla 9

Factores de planta ERNC en Chile

Factores de planta	
Eólica	35%
Geotérmica	85%
Hidroeléctrica	50%
Biomasa	80%
Solar	25%
Undimotriz	50%
Mareomotriz	30%

Fuente: Centro de Energías Renovables, 2013

Como se mencionó en el punto anterior, en la actualidad el desarrollo de la tecnología para la generación de electricidad con energía proveniente del océano se encuentra en etapa de maduración a nivel mundial, donde son algunos países de Europa (Inglaterra, Portugal y Dinamarca) y Estados Unidos quienes más han avanzado. Chile en este caso se ha quedado atrás debido principalmente a la baja investigación que se ha llevado a cabo. Esta etapa de desarrollo también es de carácter comercial por lo que los costos son más altos comparados con otras tecnologías de generación eléctrica en base a ERNC. En el caso particular de la energía oceánica, la tecnología mareomotriz presenta un mayor desarrollo que la energía undimotriz, lo cual se puede atribuir

principalmente a sus principios de funcionamiento. Los dispositivos de energía mareomotriz más exitosos generan electricidad con turbinas giratorias en flujo, las cuales son similares a la tecnología eólica. De esta manera, ha habido una transferencia de tecnologías entre industrias lo que ha permitido un mayor perfeccionamiento. Mientras que por otro lado, el hecho de que la energía undimotriz se base en las oscilaciones de baja velocidad y alta potencia lleva a que se genere un panorama más complejo con una variedad más diversa de soluciones de conversión energética.

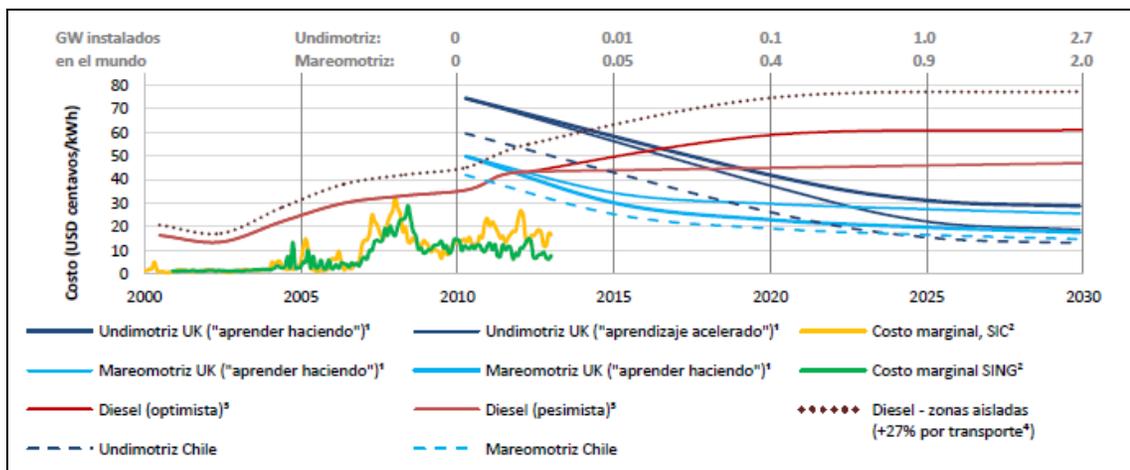
Lo anterior representa una ventaja para Chile y el progreso en la creación de nuevas tecnologías que permita un posicionamiento industrial fuerte en el mercado mundial, cambiando el paradigma de importador de tecnologías que se ha dado en las últimas décadas. Esto a diferencia de otras fuentes de energía como es la eólica y solar, las cuales ya se han consolidado como ERNC a nivel mundial, y en las que, para países como Chile, que son importadores de tal tecnología, no existe un amplio margen para el perfeccionamiento y creación de nuevos dispositivos.

Hace 10 años comenzó la creación de tecnologías renovables oceánicas cuyos costos de desarrollo oscilan entre los 50 y 100 millones de dólares. La inversión es alta debido al costo comercial de las tecnologías y al considerarse una industria en etapa de maduración. El siguiente gráfico (Figura 36) compara los

costos de distintas fuentes de energía en Chile, donde se observa que en el largo plazo la energía marina se encuentra bajo un escenario más competitivo que el actual.

Figura 36

Costos de la energía marina en Chile



Fuente: Centro de Energías Renovables, Ministerio de Energía

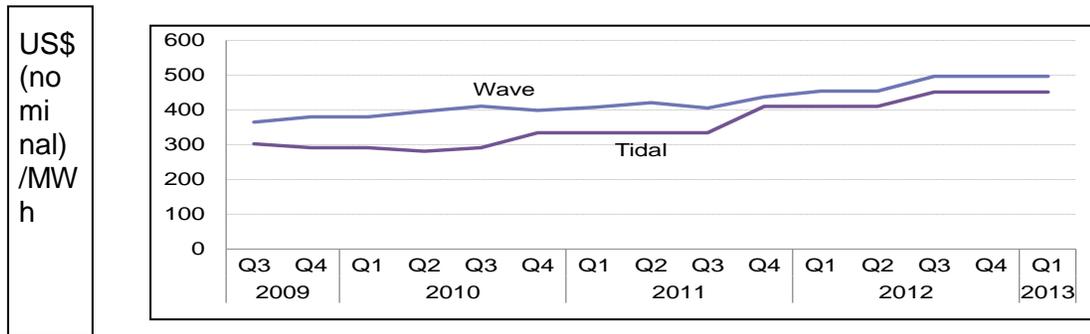
Al momento de realizar una inversión los costos y la proyección de ellos cumplen un rol determinante, ya que es un indicio de la rentabilidad que puede tener en el futuro y de la competencia que se puede generar con las demás tecnologías en este caso. En esta dinámica también forma parte los ingresos, las condiciones comerciales y las alternativas competitivas, lo cual entregará un panorama general de cómo es el mercado. A pesar de que las tecnologías para

la generación de electricidad con fuentes marítimas están en desarrollo los costos se encuentran en un nivel elevado, siendo estos no competitivos en la industria de dispositivos para el uso de ERNC (Figura 37, Figura 38). La Agencia Internacional de Energía en su documento World Energy Outlook del año 2009 muestra que los costos de la energía undimotriz y mareomotriz son entre 2 y 4 veces mayor a la producción de energía hidroeléctrica, argumentando además que este análisis puede ser optimista (Agency, 2009).

Se espera que en el largo plazo los costos de este tipo de energía disminuyan a medida que exista un desarrollo comercial en las distintas tecnologías, junto a un aumento de gastos en investigación y desarrollo y mayor innovación. El siguiente gráfico muestra que desde el 2009 hasta el 2013 se ha visto un aumento de los costos medios en los proyectos de energía marina, lo cual en parte se explica por la crisis económica vivida a nivel mundial y que significó una caída de las tasas de inversión de los países. Así también, puede deberse a un mejoramiento de las proyecciones realizadas por los distintos centros de estudio, lo cual junto a un mejoramiento de la información disponible para el desarrollo de nuevas tecnologías implica un reajuste de las estimaciones que fueron hechas con anterioridad.

Figura 37

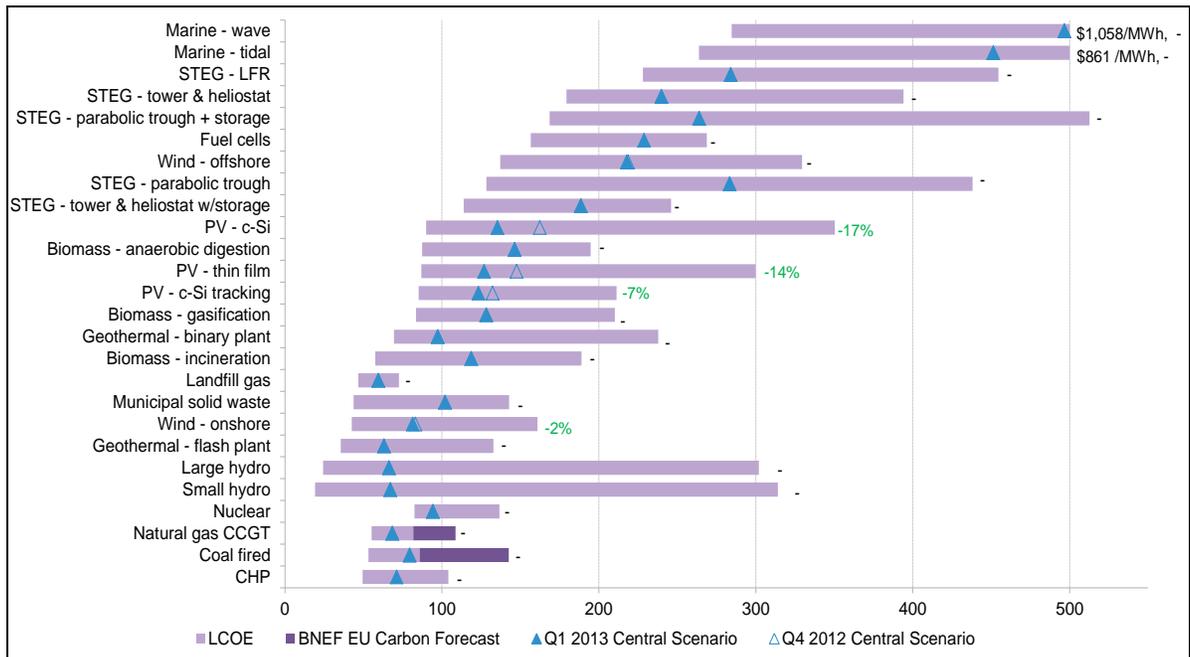
Evolución estimada de costos medios en proyectos de energías marinas.



Fuente: Bloomberg New Energy Finance, 2013

Figura 38

Costos medios (US\$ / MWh) de tecnologías de generación eléctrica.



Fuente: Bloomberg New Energy Finance, 2013.

El estudio “Recomendaciones para la estrategia de Energía Marina de Chile: Un plan de acción para su desarrollo” realizado por Aquateca realiza una comparación entre Chile e Inglaterra, este último país pionero en la generación de dispositivos capaces de desarrollar energía eléctrica marítima, mostrando que Chile posee mayores ventajas que muchos países en la fabricación de tecnología undimotriz y mareomotriz. Los puntos en que basa tal premisa son:

- Los proyectos en Chile pueden ser realizados a un menor costo debido principalmente a las diferencias en costos de la fuerza laboral. Además los costos de embarcaciones generales, tripulación y buzos son menores en Chile con respecto a otros países.
- El hecho de que en Chile existan incentivos tributarios en las zonas extremas implican una mayor posibilidad de generar negocios y llevar a cabo el libre comercio.
- Los sitios que presentan mareas en Chile se encuentran más protegidos contra las olas y elementos flotantes o en suspensión que otras zonas que son pioneras en la actualidad por generar tecnologías marítimas. Lo cual implicaría menores costos.
- El aumento de la producción energética que podría tener Chile puede compensar los altos costos de instalación y mantenimiento de tecnología

undimotriz y mareomotriz provocado por el fuerte movimientos de las olas y la pendiente pronunciada del fondo marino.

Finalmente esto implicaría que el costo de la energía mareomotriz sería un 16% menor en Chile que en Inglaterra y un 30% en el caso de la energía undimotriz. Esto podría disminuir aún más en la medida que se fomente el aprender haciendo y el aprendizaje acelerado, a través de la instalación de más dispositivos y del fomento de la innovación respectivamente.

4.4 MARCO LEGAL

Al no existir proyectos en el mar chileno y ser un mercado relativamente nuevo, no se cuenta con un marco regulatorio claro que nos permita comprender de mejor manera el panorama legal en el cual se encuentra esta industria. Inclusive a nivel internacional, como ésta es una industria incipiente no es muy extenso el marco legal en el cual se desenvuelve el desarrollo de este tipo de energía. A pesar de ello, es posible rescatar ciertos aspectos comunes entre aquellos países que han llevado a cabo simulaciones e instalado dispositivos a baja escala, los cuales nos permitan comprender de mejor manera la regulación existente.

La legislación en la Unión Europea consiste en que cada miembro es responsable de transponer la legislación a nivel de ésta a su sistema legal respectivo como además de implementar sus propios procesos de licencias para el consentimiento de proyectos. Esto implicaría enormes diferencias entre los países miembros en aspectos como la realidad normativa y legislativas, mientras que los marcos legislativos nacionales reflejan las Directivas de UE que se aplican a la energía marina, a menudo es posible encontrar ciertas variaciones entre la forma de administración de los requerimientos legislativos, lo cual irá dependiendo del avance que tengan en el desarrollo de esta industria. (Brunner, 2013)

Según el proyecto de acción realizado por “Offshore Renewable Energy Conversion platform- Coordination Action de la Unión Europea existen 3 factores que ayudarán a determinar si los marcos regulatorios en los países se encuentran desarrollados o no (Tabla 10). Estos son: Servicio de evaluación ambiental implementado para la energía marina, Planificación del espacio marítimo (MSP) y Proceso de consentimiento marino en desarrollo o con “ventanilla única” (ORECCA, 2011).

Tabla 10

Resumen evaluación marco legal Europa

País	¿SEA implementado para energía marina?	¿MSP implementado?	¿Proceso de consentimiento marino en desarrollo o con "ventanilla única"?
Bélgica	No	Sí	No
Francia	No	Parcialmente	No
Alemania	Parcialmente	Sí	Sí
Irlanda	Sí (provisionalmente)	Pasos preparatorios	Pendiente
Italia	No	No	No
Holanda	No	Sí	No
España	No	Pasos preparatorios	No
Reino Unido (Exc Escocia)	Pendiente	Parcialmente y pendiente	Parcialmente
Portugal	Parcialmente	Bajo desarrollo	No
Noruega	No	Parcialmente	No
Dinamarca	No	Parcialmente	Sí
Escocia	Sí	Parcialmente	Sí

Fuente: ORECCA, 2011

El SEA es uno de los principales instrumentos para prevenir el deterioro ambiental, ya que permite introducir la dimensión ambiental en el diseño y la

ejecución de los proyectos y actividades que se realizan en el país. Además tiene importancia para el desarrollo a escala comercial a fin de garantizar que los efectos ambientales de la implementación de ciertos proyectos sean tomados en cuenta. Así también, al tener un MSP puesto en marcha permite administrar apropiadamente los proyectos de energía marina evitando conflictos futuros y que además lleve a un complemento entre las distintas actividades. Junto con la protección al medio ambiente, aumenta la inversión, la coordinación y la cooperación fronteriza entre los países, esto le da sostenibilidad y eficacia a los distintos tratados acordados. Por último, un proceso de consentimiento marítimo es relevante al momento de reducir los costos y retrasos asociados con la obtención de todas las autorizaciones y licencias necesarias para un proyecto de energía marina. La evaluación estratégica es fundamental para la mayoría de los países los cuales desean establecer una preocupación tanto por la sostenibilidad de la economía como por el medioambiente. (En Chile en particular, la Ley N° 19.300 establece una evaluación ambiental estratégica)

En esta misma línea, con la promulgación de la Ley N° 20417 la cual crea en Chile el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, los procesos de zonificación del borde costero se deben someter a la Evaluación Ambiental Estratégica mediante un

proceso administrativo especial. El objetivo es fortalecer y complementar la zonificación del borde costero, basados en la sustentabilidad ambiental y los mecanismos de participación pública- privada. Junto a ello, la zonificación del borde costero tiene como objetivo compatibilizar los usos posibles de las distintas áreas y zonas, impulsando un desarrollo armónico, integral y equilibrado, y de esta manera optimizar su utilización.

La Política Nacional del Uso del Borde Costero busca determinar los diferentes potenciales del litoral y los posibles usos en la dirección del desarrollo del país, con ello se desea proponer usos preferentes del borde costero, los cuales serán determinados considerando factores geográficos, naturales, recursos existentes, planes de desarrollo, centros poblados próximos o aledaños, y definiciones de usos ya establecidos por organismos competentes. Por lo tanto, dentro de los principios generales de esta política es buscar una continuidad en el tiempo, conciliar los diversos intereses regionales y locales con la naturaleza misma del problema que aborda, debe ser multidisciplinaria y sistemática. Ésta política tiene vital importancia al momento de generar un marco legal general el cual permita incentivar la generación de nuevas tecnologías marítimas, sin embargo tiene ciertas críticas las cuales van dirigidas a que no conduzca a una vinculación completa entre quienes se vean afectados por el proyecto y el proyecto en sí mismo.

Por otra parte, es esencial analizar si existe alguna norma que establezca una regulación a las instalaciones de centrales generadoras en el mar, y en el caso de existir, cómo ésta está definida. En este sentido, la experiencia internacional no es la misma a lo largo de todos los países; por ejemplo en Dinamarca con la estrategia de energía marina renovable, al igual que en España y Portugal, se establece claramente un régimen jurídico de instalación y ejercicio de actividades de producción de energía eléctrica a partir de las olas. En países como Alemania, Corea del Sur, Reino Unido y Estados Unidos no existen normas que especifiquen las instalaciones de ERNC, sino que a diferencias de los países mencionados anteriormente hacen extensivos las normas y reglamentos de cualquier instalación que se pretenda establecer en el mar, sin realizar diferencias a las ERNC. Con la ley actual en Chile se puede interpretar que sus normas se ajustarían al segundo grupo de países, donde quienes deseen instalar una central ERNC en el mar o en el borde costero, dependiendo de la tecnología utilizada, deberán regirse por las concesiones marítimas, la cual es aplicable a cualquier tipo de instalación²⁰.

Más específicamente, en Chile la regulación las concesiones se pueden clasificar en: Concesiones de terrenos de playa, Concesiones de playa, Concesiones de roca, Concesiones en porciones de agua, Concesiones de fondo de mar, Concesiones fuera y dentro de las bahías (Armada de Chile,

²⁰ Situación Concesiones Marítimas actuales en Chile: www.concesionesmaritimas.cl

2006). De esta manera la regulación se adecúa según el tipo de dispositivo utilizado. El artículo además establece que las concesiones marítimas tendrán una clasificación en base al plazo de duración (no puede exceder los 50 años) y el nivel de capital a invertir en dicha concesión

Destaca que:

Concesión Marítima Mayor: aquella cuyo plazo de otorgamiento exceda de 10 años o involucre una inversión superior a las 2.500 UTM, de acuerdo a la ponderación que realice la autoridad (extracto de la ley)²¹.

Concesión Marítima Menor: aquella que se otorga por un plazo superior a 1 año y que no excede de 10 años e involucre una inversión igual o inferior a las 2.500 UTM (extracto de la ley)²².

Permiso o autorización: aquella concesión marítimas de escasa importancia y de carácter transitorio y cuyo plazo no excede de 1 año (extracto de la ley)²³

^{21 22 23 24} Para revisar ley completa:
http://www.leychile.cl/Consulta/listado_n_sel?_grupo_aporte=&sub=772&agr=2&comp=

Destinación: aquella concesión marítima otorgada por el Ministerio a servicios fiscales, para el cumplimiento de un objetivo determinado.²⁴

Debido a los proyectos de energía marítima de gran envergadura, cuya vida útil se encuentra entre los 20-30 años y junto con ello los altos montos de inversión que significan llevar a cabo estos, encasillarían dentro de las Concesiones Marítimas Mayores. Cabe destacar que en la Concesión por Destinación puede hacerse partícipe el CER, Ministerio de Energía o algún servicio fiscal afín con el desarrollo energético para la instalación de dispositivos de pruebas que permitan avanzar en la generación de nuevas tecnologías.

Un tercer elemento es la participación de distintos organismos competentes, los cuales tengan la facultad y los conocimientos de saber discriminar adecuadamente entre los proyectos factibles y las zonas apropiadas para el desarrollo e instalación de dispositivos para la obtención de energía. En este punto, la gran cantidad de países mencionados poseen un sistema en el que la autorización especial que se otorgue no es exhaustiva, debido a que quien está a cargo del proyecto tiene que obtener la autorización de todos los organismos participantes en la decisión, proceso en el cual algunos pueden fallar a favor y otros no. La única excepción de acuerdo a nuestro estudio sería Dinamarca,

país que concentra todas las aprobaciones en un solo organismo. El proceso llevado a cabo en Chile coincide con la mayoría de los países estudiados, con un sistema de autorizaciones por parte, sin disponer de normas concentradas en un solo organismo. (Anexo 4, Tabla comparativa marco legal entre países desarrollado por la consultora Philippi Yrarrázaval Pulido & Brunner: “Análisis del marco regulatorio para incorporar fuentes de energías renovables no convencionales en el mar chileno”).

5. CAPÍTULO V: EFECTOS E IMPLICANCIAS CON EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA OCEÁNICA (MARÍTIMA)

La necesidad de promover las Energías Renovables No Convencionales, más específicamente la energía oceánica, es una solución al conjunto de problemas energéticos y ambientales que se están dando Chile. Junto con cubrir las proyecciones de demandas energéticas del país se persigue generar la mayor cantidad de efectos positivos tanto directos como indirectos, los cuales tengan incidencia en aspectos sociales, económicos y ambientales y a la vez disminuyan la incertidumbre frente a los costos de la energía y el precio de la electricidad.

En este sentido, fueron discutido ampliamente los resultados que generan el uso de las Energías Renovables No Convencionales por parte de un país, razón por la cual las naciones más desarrolladas han llevado sus políticas energéticas en esa dirección (Sauma, 2012). La diversificación de la matriz, el cambio de paradigma en el uso energético eficiente y una mayor preocupación en la generación y distribución de energía más limpia tiene efectos positivos y negativos en el planeta. Más aún, el hecho de utilizar como fuente a la energía marítima y cuyos proyectos se encuentran en etapa piloto o son de menor escala, hacen aún más complejo medir el real impacto. A pesar de ello existen

nociones de las consecuencias generadas en el corto y largo plazo por las ERNC y por lo tanto se pueden utilizar como proxy de aquella energía proveniente de la intervención en el océano.

En primera instancia se abordarán los impactos ambientales que se generan por el uso de energía oceánica, posteriormente se analizarán las consecuencias económicas y sociales.

5.1 Efectos en el Medio Ambiente

Las investigaciones sobre los efectos de incorporar tecnología en el ambiente marino para la generación de electricidad se encuentran en etapa de maduración por el escaso desarrollo existente; sin embargo, hay ciertos estudios que han determinado las consecuencias medio ambientales que se generen con este tipo de proyectos. Es relevante acotar también que estos resultados son de carácter particular, en los cuales se consideraron supuestos que no necesariamente se cumplen en todos los casos; no son fácilmente extensibles al universo de proyectos. El Servicio de Evaluación Ambiental en conjunto con los demás organismos competentes determinarán los efectos particulares de cada proyecto estableciendo su aprobación o desaprobación.

Los proyectos de energía marina influyen en las características físicas, patrimoniales y ecológicas del medio ambiente, en este sentido los estudios de impacto ambiental en general resaltan los aspectos negativos que se generan. A pesar de ello, son sustanciales los beneficios de este tipo de actividad, tales como: generación de energía sin huella de carbono, lo cual incide en la reducción de gases de efecto invernadero, además tienen resultados positivos en las actividades marítimas existentes, por ejemplo: creación de zonas cerradas de pescas y arrecifes artificiales, lo que interviene positivamente en las poblaciones de peces.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático a través de su estudio “Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation” permite obtener una perspectiva general de los efectos que generan los dispositivos de la energía marítima en el medioambiente (Climático, 2011). Entre las principales conclusiones encontramos para la energía undimotriz:

- Existe una alta emisión de ruidos y vibraciones (especialmente en la etapa de la construcción y puesta en marcha de los dispositivos), además de generar campos electromagnéticos que podrían afectar a la fauna marina. Los impactos más específicos tienen relación con los sistemas de comunicación de las especies que viven en el mar y cuya

fuente es a través de los sonidos y las vibraciones, los cuales utilizan para la alimentación y navegación.

- Posibles filtraciones químicas debido al desgaste de los dispositivos tecnológicos en el océano.
- Efectos negativos sobre la biota; habitantes y calidad del agua por potenciales filtraciones y contaminación
- En lo que respecta al impacto visual, este efecto sería despreciable.

Mientras tanto para la energía mareomotriz, encontramos que:

- Se estima que los impactos serían menores ya que los dispositivos utilizados se instalan en zonas de ambientes energéticos con grandes flujos de agua, donde existe poca diversidad y abundancia de especies marítimas.
- No existe evidencia sustancial que permita afirmar que a pesar de que los dispositivos tengan piezas móviles, por ejemplo aspas que rotan, puedan dañar a especies marítimas como ballenas, delfines, tiburones o focas. Esto, sin embargo, puede deberse a: la poca cantidad de estudios que lleven a conclusiones más certeras sobre el asunto o a que finalmente los dispositivos, debido a la baja velocidad con que funcionan los rotores o aspas en comparación con los barcos, provoquen un impacto nulo.

El Centro de Energía Marina de Europa (EMEC) es una organización que ofrece apoyo para el desarrollo de energía oceánica, sea esta undimotriz o mareomotriz, cuyos dispositivos tecnológicos son probados para minimizar el impacto ambiental generado junto con la generación de electricidad capaz de abastecer a una región. La Tabla 11 muestra las recomendaciones del EMEC para quienes instalen estos dispositivos.

Tabla 11

Recomendaciones de la EMEC para minimizar los impactos de los proyectos para utilizar la energía marina

IMPACTO	CONSIDERACIONES
Balances y flujos de energía y mareas	Evaluar las consecuencias de la extracción de energía y de la presencia de elementos físicos.
Perturbaciones en el hábitat de suelo marino	Considerar el impacto del anclaje e instalación de fundaciones, operación y mantenimiento de equipos pueden alterar el suelo marino.
Perturbaciones en las masas de agua	Considerar la magnitud y consecuencias de cambios en factores tales como nutrientes, temperatura, luminosidad, olas en la superficie y patrones de corrientes
Perturbaciones en la	Considerar cambios directos o indirectos en la costa

IMPACTO	CONSIDERACIONES
costa	por erosión o deposición en las mareas y corrientes
Perturbaciones en áreas cercanas a la costa	Considerar que la instalación de infraestructura en áreas terrestres cercanas al proyecto debe evitar hábitats y especies importantes para la conservación
Cambios conductuales en la fauna	Analizar las actividades con potencial de afectar la distribución de fauna, en especial especies protegidas
Impactos en áreas/especies protegidas	Considerar con especial énfasis cualquier impacto en áreas y/o especies protegidas a nivel internacional, nacional o local
Contaminación del agua, suelo marino y fauna.	Considerar todas las potenciales fuentes de descargas contaminantes tales como descarga de efluentes, descargas de combustibles, etc.
Choques, captura y enredo de fauna	Considerar el diseño de infraestructura, la estación del año y la ubicación del proyecto de manera de minimizar el daño a invertebrados marinos, aves, mamíferos y peces.
Ruido, luz y vibración submarina	El impacto de estos factores puede afectar la conducta y el bienestar de la biodiversidad marina

IMPACTO	CONSIDERACIONES
	aunque no se conoce actualmente la causa exacta de estos impactos.
Perturbaciones de ruido, luz y otros efectos molestos en superficie	El ruido y la luz en la superficie pueden afectar la biodiversidad terrestre, tanto en la costa como mar adentro, afectando a comunidades costeras y las actividades recreativas. Cualquier impacto debe ser minimizado
Efectos eléctricos y electromagnéticos	Considerar el efecto de estos factores en especies como tiburones, rayas, anguilas y otras especies sensibles a los campos electromagnéticos generados por los cables de conducción eléctrica.
Emisión de gases de efecto invernadero	Considerar la importancia de minimizar la emisión de gases de efecto invernadero.
Paisaje e impactos visuales	Dispositivos visibles desde la costa y en el mar puede afectar las cualidades paisajísticas. En tanto lo permitan los requisitos de navegación, considerar que las estructuras auxiliares se mimetizan el paisaje. Esto puede incluir el color, la orientación, la concepción estructural, de materiales, etc.

IMPACTO	CONSIDERACIONES
Calidad de aire local	Considerar la posibilidad de reducir al mínimo las emisiones.
Interferencia con sistemas de comunicación	Algunos componentes de comunicación remota con los dispositivos podría interferir con las comunicaciones normales de transporte.
Generación de residuos	Todos los esfuerzos deben hacerse para minimizar la generación de desperdicios. Garantizar un almacenamiento adecuado, transporte y eliminación de todos los flujos de residuos.

Fuente: Centro de Energía Marina de Europa (EMEC)

La consultora británica Aquatera, que provee modernos e innovadores productos y servicios medio ambientales, hizo una investigación acabada del impacto que se generan a nivel medioambiental, ecológico y económico, tanto para la energía undimotriz como para la mareomotriz (Aquatera, 2014). Las conclusiones obtenidas son similares a las mencionadas anteriormente, lo cual da indicios de los pocos efectos negativos que lleva la generación de energía marítimas.

Tabla 12

Grados de implicancias de la energía marina

Leyenda:	Severo	Mayor	Moderado	Menor	Insignificante	Inexistente	Positivo
Aspectos	Interacciones medioambientales de proyectos de energía undimotriz						
Físicos							
Condiciones del mar	Menor: La mayor parte de la energía de los dispositivos undimotrices proviene de las olas de tamaño mediano. A menudo los procesos clave son afectados por las tormentas, durante las cuales los dispositivos tienden a perder energía. Por lo tanto, es improbable que haya efectos considerables.						
Lecho marino	Menor: No se han realizado mediciones, pero los estudios realizados en base a modelos sugieren que se produce cierta acumulación de sedimentos en el bloqueo de oleaje en arreglos de dispositivos, aunque a un nivel no muy pronunciado.						
Flujo de energía	Menor: Generalmente, los ecosistemas son poco sensibles a la reducción del flujo energético. Un reducido número de especies se han adaptado a ambientes con altos niveles de energía, por ejemplo, el alga <i>Fucus Disticus</i> en Orkney. Los ciclos vitales del plancton podrían verse alterados en las áreas de bloqueo de oleaje en caso de que la estratificación comience antes de la temporada.						
Ruido	Insignificante: Los dispositivos están diseñados para no emitir ruido y muchos de ellos son muy silenciosos. El oleaje, las corrientes y del tráfico de navíos (lo cual ingresa más que extrae energía) son las fuentes principales de ruido. Se presentan ruidos provenientes de construcciones de corto plazo.						
Escénico marítimo	Mayor: Las áreas costeras expuestas tienen valor como áreas silvestres, y a menudo con poca influencia antropogénica. Tales áreas pueden necesitar ser protegidas ante el desarrollo de proyectos undimotrices cercanos a la costa.						
Procesos costeros	Insignificante: En el litoral rocoso existe poco potencial de que se produzcan cambios, incluso, en el caso de las costas arenosas, los cambios se producen durante las tormentas, pero los cambios no son grandes en el caso de muchos dispositivos de energía undimotriz.						
Ecológicos							
Plancton	Insignificante: No se esperan efectos directos. Es posible que en el caso de un efecto significativo de bloqueo de oleaje, la dinámica de mezclado de la columna de agua se pudiera ver alterada, lo que afectaría a la sucesión de especies en la zona. Para que el efecto sea significativo, el bloqueo de oleaje tendría que ser de grandes dimensiones (>10km ²).						
Bentónico	Insignificante a positivo: Hay efectos directos derivados de la colocación de sistemas de anclaje y amarre, y también, debido a la instalación de cables. La experiencia ha demostrado que la escala del impacto negativo es pequeña y probablemente es insignificante. Los dispositivos representan obstáculos para la pesca de arrastre de fondo, protegiendo a comunidades bióticas en el lecho marino.						
Peces	Insignificante a positivo: El efecto más probable es la conglomeración de peces alrededor de las estructuras (los dispositivos más los sistemas de amarre), creando un equivalente al "efecto arrecife". Existe cierta preocupación sobre impactos relacionados con la migración de especies vulnerables o protegidas, por ejemplo, el salmón, pero aún no existe evidencia de ello. Los dispositivos representan obstáculos para la pesca de arrastre de fondo, protegiendo a las comunidades de peces.						

Mamíferos marinos	Insignificante: Las interacciones potenciales con los dispositivos undimotrices son benignas, ya que estos dispositivos se mueven relativamente lento y generalmente se ubican en áreas de baja corriente. Existe cierta preocupación sobre posible atrapamiento de mamíferos en zonas con alta densidad de especímenes.
Aves marinas	Insignificante: No se han identificado mecanismos que pudieran representar efectos directos. Las aves marinas parecen ser indiferentes a los dispositivos ya desplegados. Algunas poblaciones de patos marinos y de aves buceadoras han sido desplazadas por las granjas eólicas de energía marina en el Mar del Norte.
Aspecto	Interacción medioambiental de proyectos de energía undimotriz
Patrimonial	
Geología	Insignificante: Perturbaciones muy locales creadas por la excavación de las zanjas para las cables, en casos que sea necesario).
Especies	Insignificante a positivo: Los efectos negativos directos causados por los dispositivos en algunas especies, son generalmente insignificantes. La exclusión de la pesca de arrastre generalmente ayuda a las especies vulnerables.
Hábitats	Insignificante a positivo: Los efectos negativos directos causados por los dispositivos en los hábitats son generalmente insignificantes. La exclusión de la pesca de arrastre generalmente ayuda a los hábitats vulnerables.
Paisajístico	Menor a mayor: Dependiendo de la tecnología, los impactos varían, pero los dispositivos colocados cerca de la costa pueden ser inaceptables en algunas áreas costeras muy sensibles o de alto valor patrimonial o ecológico.
Histórico	Insignificante: Hay poca probabilidad de que haya interferencia con artefactos históricos. Hay cierto potencial de interferencia con el paisaje de áreas costeras protegidas.
Sociales/económicos	
Demográfico	Positivo: La población de Orkney ha aumentado un 10% en 10 años, en parte debido a puestos de trabajo en energías renovables. La energía undimotriz puede generar puestos de trabajo desafiantes dirigidos a los jóvenes, lo que ayuda a detener el flujo de talento fuera de las áreas remotas.
Infraestructura y cadena de abastecimiento	Positivo La energía undimotriz puede estimular el desarrollo de la infraestructura y la cadena de suministros. Puede generar puestos de trabajo localmente y algunos trabajos (por ejemplo, apoyo a las operaciones) serán a largo plazo. Los proveedores de servicios obtendrán experiencia que se podrá ofrecer en otros mercados. Puede aumentar la demanda de espacios de atracadero en los pequeños puertos hasta que se construyan instalaciones dedicadas.
Otros usuarios del mar	Moderado: Puede haber cierta interferencia con actividades de pesca, de tráfico marino y de colocación de cables submarinos, debido a los ensayos la implementación de los dispositivos de energía undimotriz.
Energía	Positivo: Los proyectos de energía renovable reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación local. La diversidad, seguridad e independencia del suministro energético pueden ser mejorados. Pueden ser necesarios nuevos sistemas de gestión de energía, almacenamiento y sistemas de transmisión.

Legenda:	Severo	Mayor	Moderado	Menor	Insignificante	Inexistente	Positivo
Aspectos	Interacción medioambiental de proyectos de energía mareomotriz						
Físicos							
Condiciones del mar	Menor: En las corrientes de marea, las estructuras de apoyo y la señalización para el tráfico marítimo pueden crear perturbaciones en el agua, que podrían involucrar riesgos para las embarcaciones pequeñas.						
Lecho marino	Insignificante: El lecho marino en los sitios de marea generalmente consiste de roca o gravas o piedras redondas.. Existe escasa probabilidad de socavación y las perturbaciones directas de cimientos y cableado de dispositivos generan huellas de poca consideración.						
Flujo de energía	Menor: El llamado "efecto de bloqueo" sólo comienza a producirse una vez que la cantidad de energía extraída supera el 10% del flujo total de energía. Se debe esperar cierta interferencia con la circulación de las masas de aguas cercanas ¹¹ .						
Ruido	Insignificante: Las embarcaciones de apoyo son la principal fuente de ruido, y, generalmente hay mucho ruido ambiental. Se presenta ruido proveniente de construcciones de corto plazo.						
Escénico marítimo	Moderado: Los dispositivos, las embarcaciones de apoyo, y las plataformas de las subestaciones generalmente estarán a la vista y cercanos al litoral. En áreas pobladas como son los canales, es probable que haya alta presencia de tráfico marítimo y de transbordadores.						
Ecológicos							
Plancton	Insignificante: No hay efectos directos. Aguas abajo, puede haber cambios en la circulación y tiempo de permanencia de cuerpos de agua afectados por la corriente.						
Bentónico	Menor: Al igual que en el lecho marino, la fauna no se verá muy afectada. Puede ser necesario tomar medidas de protección si se llegasen a formar arrecifes con presencia de comunidades bióticas frágiles en las áreas barridas por la corriente. Aumentará el número de comunidades sensibles a lo largo de las fosas para cables que van hasta tierra firme.						
Peces (especies pequeñas)	Positivo: Todas las estructuras pueden generar un efecto arrecife y atraer peces durante la estoa de marea. Además, ofrecen cierto refugio durante los flujos de marea. No hay evidencia de riesgo significativo de colisión.						
Mamíferos marinos, tortugas y peces de mayor tamaño	Moderado: Existe cierto riesgo de colisión en el caso de focas, lobos marinos, tortugas, ciertos tiburones y cetáceos. Hasta el momento no se ha informado de casos concretos, y los estudios de monitoreo sugieren que estas especies aprenden a evitar estos riesgos.						
Aves marinas	Positivo: Algunas especies de aves marinas, especialmente las aves cazadoras subacuáticas, comienzan a usar los dispositivos como nuevos lugares para cazar, especialmente durante la estoa de marea.						

Aspectos	Interacción medioambiental de proyectos de energía mareomotriz
Patrimoniales	
Geología	Insignificante: Es muy poco probable que las formaciones geológicas existentes en los canales estén designadas como áreas protegidas, pero los lugares donde los cables tocan tierra podrían estar dentro de áreas protegidas. Mediante un diseño adecuado, se podrán evitar eventuales efectos indeseables.
Especies	Moderado: Existen preocupaciones sobre el riesgo de colisión con las especies de tamaño mayor antes mencionadas. Muchas de estas son especies protegidas.
Hábitats	Menor: Baja probabilidad de efectos negativos, excepto en el sitio mismo de la estructura.
Paisajístico	Menor: La mayoría de los dispositivos se encuentran bajo en agua (a diferencia de la energía undimotriz). El desembarco de cables y las subestaciones pueden ser una consideración más importante que los dispositivos.
Histórico	Menor: En los cauces de las corrientes de marea es frecuente encontrar restos de naufragios de barcos, pero en general, es poco probable que haya lugares de valor histórico en el mismo cauce de las corrientes de marea.
Sociales / económicos	
Demográfico	Positivo: La población de Orkney ha aumentado un 10% en 10 años, en parte debido a los puestos de trabajo en energías renovables. La energía undimotriz puede generar puestos de trabajo desafiantes dirigidos a los jóvenes, lo que ayuda a detener el flujo de talento fuera de las áreas remotas.
Infraestructura y cadena de abastecimiento	Positivo: La energía mareomotriz puede estimular el desarrollo de la infraestructura y la cadena de suministros. Puede generar puestos de trabajo localmente y algunos trabajos (por ejemplo, apoyo a las operaciones) serán a largo plazo. Los proveedores de servicios obtendrán experiencia que se podrá ofrecer en otros mercados. Puede aumentar la demanda de espacios de atracadero en los pequeños puertos hasta que se construyan instalaciones dedicadas.
Otros usuarios del mar	Moderado: Puede haber cierta interferencia con la pesca y la actividad de transbordadores y el tráfico naviero, debido al ensayo e instalación de dispositivos de energía mareomotriz, particularmente en canales con tráfico permanente.
Energía	Positivo: : Los proyectos de energía renovable reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación local. La diversidad, seguridad e independencia del suministro energético pueden ser mejorados. Pueden ser necesarios nuevos sistemas de gestión de energía, almacenamiento y sistemas de transmisión. El objetivo escocés de contar con una matriz energética 100% renovable de aquí a 2020

Fuente: Aquatera, 2014

5.2 Efectos Socioeconómicos

Los impactos generados en los ámbitos sociales y económicos pueden ser abordados a través de muchas aristas y al igual que los efectos producidos en el medioambiente, existen varios aspectos que no pueden ser fácilmente cuantificables pero aun así es posible determinar si son positivos o negativos.

Los beneficios más evidentes dicen relación a la creación de una industria que suministre los productos y servicios para el desarrollo de la industria marítima. Chile en la actualidad tiene la capacidad de proveer materias primas como celulosa, cobre y acero, por lo cual la generación de Clusters que le permitan una integración vertical entre la provisión y producción de bienes y servicios tendría un fuerte impacto positivo en la economía.

Así también, la fuerte generación de empleo es un efecto tanto a nivel social como económico. La creación de empleos no estacionales, los cuales surgen con la formación de una nueva industria, tiene efectos positivos en la sostenibilidad de una economía junto con una mayor seguridad social que puede haber en un país. En la medida que una economía sea más sólida y estable las posibilidades de inversión extranjera, de crecimiento, de confianza en el consumidor y productos aumentan.

Por otro lado, un efecto que puede ser difícil de medir pero que tiene implicancias sociales y educacionales potencialmente importantes es el desarrollo de conocimientos y experiencias prácticas en actividades que posteriormente se pueden exportar a otros países que las demanden. Chile podría cambiar su perspectiva de desempeño en la evolución de una industria, desde un importador de conocimientos y nuevas tecnologías a un exportador de ellas. Un ejemplo de ello, es el caso del progreso en tecnologías en las Islas Orkney en Escocia por la generación de energías marítimas, lo cual ha llevado al desarrollo de unidades de investigación en universidades en el Reino Unido. De tal manera, Chile podría incluir ese aprendizaje y adaptarlo a un modelo educacional lo que permita un mayor involucramiento de la sociedad con la actividad económica que se lleva a cabo en una región o en el país en su totalidad.

5.2.1 Infraestructura y Cadena de Suministro

La viabilidad y progreso de una nueva industria se encontrará ligado a la capacidad y disponibilidad de infraestructura y una adecuada cadena de suministro que sea capaz de soportar el dinamismo de ésta. La incertidumbre en este caso tiene relación a cómo será formulada la cadena de suministro y

cómo se construirá la infraestructura, sabiendo que se está pensando en el desarrollo de la industria a futuro.

Actualmente existen ciertas industrias que pueden otorgar el suministro apropiado, entre ellas están:

- La industria del acero: fundamental para la estructura de soporte y anclajes en diferentes tecnologías
- Puertos: Por la extensión marítima que posee Chile, existe una gran cantidad de puertos los cuales pueden utilizarse como centros físicos de una nueva industria. Sin embargo, es necesario exigir un mejoramiento de las instalaciones actuales o requerir nuevos puertos que tengan la capacidad física de soportar los dispositivos y tecnologías necesarias.
- Investigación y desarrollo de materiales: Chile posee los niveles más bajos de gasto en investigación y desarrollo, lo cual repercute en el desempeño de las industrias locales. Por otro lado, el acero ha sido el material que más se ha usado en el desarrollo de tecnologías marinas, esto por la confianza que genera y su resistencia. En este sentido, Chile posee ciertas ventajas con respecto a otros países por ser un exportador de acero y derivados. Sin embargo, al ser un material caro y pesado y generar una alta contaminación en su fabricación puede ser

necesario invertir en nuevos materiales que permitan desarrollar tecnologías más eficientes y menos costosas.

- Profesionales capacitados: Es fundamental en toda industria tener personal calificado para poder realizar todas las tareas que se requieren, como por ejemplo: medición de recurso disponible; desarrollo, planificación y diseño de proyectos; evaluación de impacto ambiental.

A priori no es posible determinar cuál es el escenario energético para el caso de las energías provenientes del océano, ya que en gran medida depende de las políticas y proyectos que el Estado implemente. Como se mencionó en la sección del Marco Legal en el cual se encuadra esta nueva industria, las normas y leyes que un país establezca determinarán los incentivos que existen para promover una industria. No basta con un escenario económico favorable, sino además con que haya una seguridad legal para quienes deseen invertir. A raíz de las comparaciones en los marcos legales, ambientales y de institucionalidad, realizadas anteriormente con los países que han desarrollado nuevas tecnologías de carácter marítimo es posible, determinar parte de los efectos que se podrían generar en Chile en el ámbito económico y social.

A modo de ejemplo, Orkney es un archipiélago ubicado en el norte de Escocia con una población cercana a los 20.000 habitantes donde se han implementado 20 dispositivos para la energía undimotriz y mareomotriz, y se han otorgado 11

áreas de uso comercial. Tal zona se caracteriza por el rol en la evolución en tecnologías marítimas, además de ser un centro de fuerte inversión para el desarrollo de las industrias; en el año 2003 se estableció el Centro Europeo de Energía Marina, mismo año en el que con una inversión de 15 millones de libras se coordinó un proyecto en conjunto con empresas y el gobierno británico y escocés²⁵. De ahí en adelante se han realizado esfuerzos para potenciar tal zona como el núcleo del desarrollo de la energía oceánica. Los principales beneficios se producen en áreas como la generación de empleo y el progreso de la economía local y algunos de ellos son expresados en el informe “Wave and Tidal Energy in the UK” por parte del RenewableUK. En esa zona actualmente la industria marina provee alrededor de 1.000 empleos, los cuales se desglosan en: Planificación y Desarrollo (35%), Diseño e Infraestructura (26%), Construcción e Instalación (17%), Operación y Mantenimiento (9%) y Servicio de apoyo (32%).

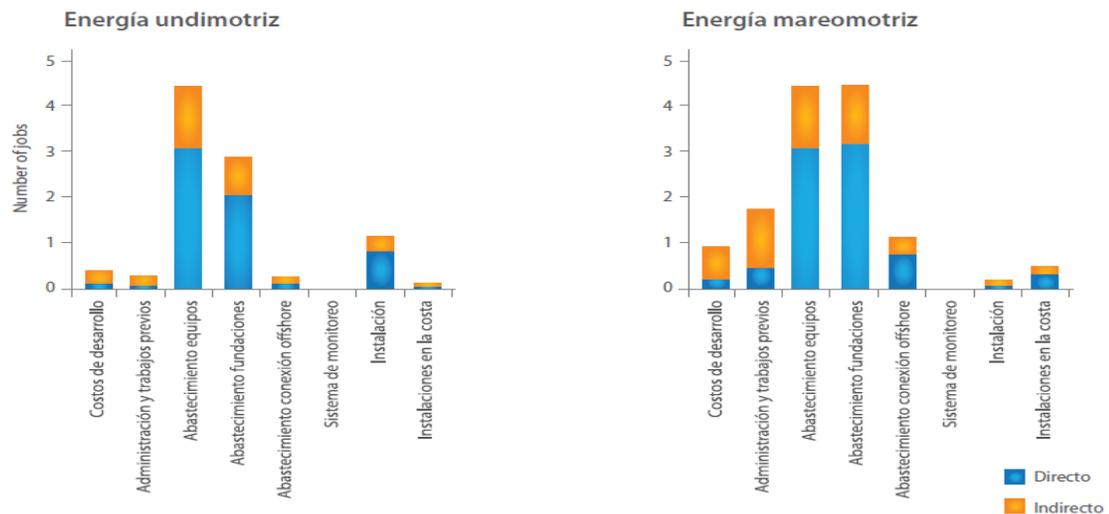
Cada MW de energía marina instalada representa un número de empleos creados y una inversión asociada, en esta línea la Asociación Energía Oceánica de Europa estimó que se crearían alrededor de 10 a 12 empleos directos e indirectos por cada MW.

²⁵ Para revisar : <http://www.orkneymarinerenewables.com/emec.asp>

En la siguiente figura (Figura 39) se puede observar el desglose existente por tipo de empleo (directo: son creados específicamente para empleados calificados en empresas focalizadas en energía oceánica; indirectos: son las oportunidades de trabajo que surgen de la inversión realizada en el sector de energía oceánica) y por generación de energía, en el caso antes mencionado. Es posible apreciar diferencias entre la energía undimotriz y la mareomotriz junto con diferencias en los distintos dispositivos dentro de cada industria, ya que las existen estructuras y métodos de instalación diferentes. A pesar de ello, se da como un patrón común que en el abastecimiento de equipos y abastecimiento de fundiciones se genera la mayor cantidad de empleos.

Figura 39

Creación de empleos por MW de capacidad instalada de energía marina



Fuente: Asociación Energía Oceánica de Europa

Distintas instituciones realizan sus proyecciones, las cuales están determinadas por las inversiones hechas y los requerimientos energéticos por parte de los países. La Asociación Europea de Energía Marina estimó que para el 2020 se crearían alrededor de 40.000 puestos de trabajo y que en el período 2010-2050 se alcanzarían los 400.000. El Gobierno de Escocia estimó que la industria creará alrededor de 2600 empleos directos y alrededor de 12.500 considerando indirectos e inducidos. El Sistema de Energía del Océano pronosticó que en el mundo a través de la energía marítima se crearían 160.000 empleos.

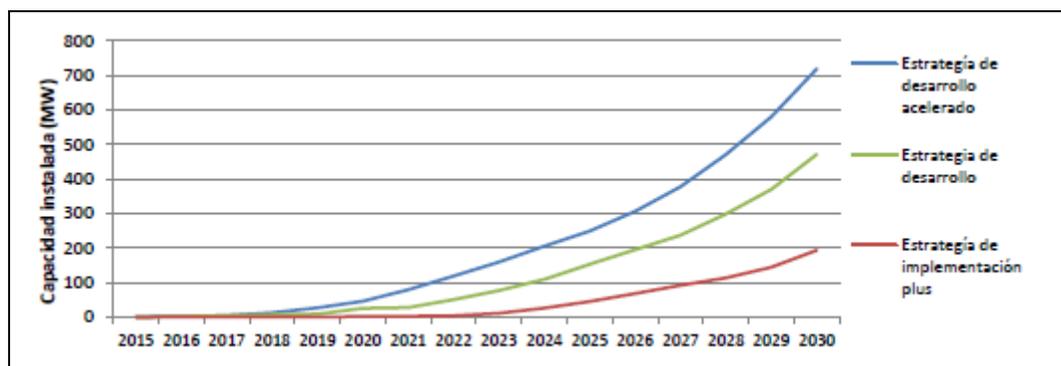
El estudio realizado por Aquatera “Recomendaciones para la Estrategia Marina de Chile: un plan de acción para su desarrollo”, muestra 3 escenarios de las estrategias que puede seguir el país para avanzar en la generación de energía marina.

- Estrategia de implementación plus: escenario resultante de las iniciativas de las políticas actuales anunciadas a la fecha (2013).
- Estrategia de desarrollo: Existe un mayor apoyo de gobierno, siendo técnico y políticamente realista con políticas y proyectos para incentivar en el corto plazo la industria.
- Estrategia de desarrollo acelerado: El Gobierno de Chile asume un rol más activo entregando altos niveles de apoyo, similares a los países europeos, siendo políticamente optimista y realista en el ámbito técnico.

Con tales 3 escenarios se estima la capacidad instalada en MW al año 2030, donde es posible apreciar las diferencias existentes entre las situaciones descritas anteriormente (Figura 40). Si se toma en cuenta la relación entre MW instalada y empleos generados (1:12), al año 2030 potencialmente se podría crear alrededor de 8.500 nuevos empleos (mejor escenario), lo que para un sector de las ERNC es bastante alto.

Figura 40

Escenario de capacidad total de energía marina



Fuente: Aquatera, 2014

Debe considerarse que estas estimaciones son de carácter potencial y están sujetas a los supuestos realizados y al comportamiento que tienen los agentes privados y públicos en el desarrollo de la industria.

5.2.2 Posibles efectos en la economía de Chile

El desarrollo de una industria marina, como se hizo referencia anteriormente, podría tener efectos positivos en la pesca junto al desarrollo de otras industrias que se ven influenciadas en el desarrollo tecnológico necesario para el avance en dispositivos que generen energía marítima, como es el caso de la industria del acero o del cobre.

Así también, las principales zonas beneficiadas son aquellas cercanas a los puertos y/o ciudades con una gran capacidad industrial, las cuales sean capaces de adaptarse a los cambios que puede significar el desarrollo de un nuevo sector industrial. En la medida que exista una explotación de un recurso natural y que los beneficios que se generen sean absorbidos por los mismos habitantes de la zona, existirá un ambiente de progreso y estabilidad frente al dinamismo que se pueda generar. Básicamente habrá una diversificación en la matriz, lo cual evitaría depender sustancialmente de otras fuentes de energía contaminantes.

El centralismo existente en Chile es enorme, la Región Metropolitana concentra alrededor del 40% de la población total del territorio nacional y es el centro financiero de Chile, recibe en gran medida recursos por parte del Estado los cuales subsidian el sistema de transporte, generan megaproyectos para

disminuir la contaminación o para combatir la delincuencia. Con el desarrollo en zonas costeras se permitirá alcanzar un mayor progreso en otras urbes, lo cual permita avanzar en una descentralización sustancial y a la vez en más y mejores empleos para todos los habitantes de Chile.

Quizás el desarrollo más visible es el avance tecnológico y un posible cambio de paradigma, el cual permita identificar a Chile como un creador de nuevas tecnologías y dispositivos para el uso de ERNC en el mundo; es fundamental aprovechar las ventajas comparativas que tiene el país y fomentar a través de nuevas leyes y políticas nacionales el avance hacia la diversificación de la industria. Un mayor gasto en Investigación y Desarrollo tendrá efectos en el nivel de conocimiento manifestado en las actividades realizadas por los centros de estudios, como son las Universidades o los Centros de Formación Técnica quienes pueden avanzar en la creación de nuevas carreras afín con esta industria. De esta manera no se requerirá en gran medida de profesionales externos que lleven a un buen funcionamiento del sector.

5.2.3 Creación de una cadena de suministro Sudamericana

No es coincidencia que los avances en materia energética en gran medida son desarrollados por países europeos; a pesar de que la agrupación de países bajo un mismo marco legal o bajo una misma moneda no siempre tiene alcances positivos (temas que no serán analizados en este caso), para el desarrollo de una nueva industria la cooperación es fundamental. En el caso de Chile, las alianzas existentes con otros países son bastante precarias en temas de Energías Renovables No Convencionales, por lo tanto existe un nicho en el cual se puede intervenir para generar una cadena de suministro mayor entre naciones permitiendo avanzar en mayor eficiencia energética y menores costos.

Países como Argentina o Brasil tienen un fuerte desarrollo industrial, en comparación con el de Chile, el cual puede ser aprovechado a través de consorcios y lazos de cooperación capaces de alcanzar un mayor desarrollo tecnológico. Además estos dos países tienen un potencial marino potente, en especial para proyectos cuyas fuentes sean las mareas por lo que la industria de la energía marina podría ser un área a perfeccionarse.

Argentina y Brasil son los mayores productores de acero en Sudamérica, según cifras actualizadas hasta octubre del 2014²⁶, incluso Brasil se ubicaría entre los 10 países que más producen acero en el mundo. Por otro lado, la principal actividad económica de Chile es la producción de cobre con 5,8 millones de toneladas métricas finas, ocupando el primer lugar a nivel mundial, muy por delante de China quien es el segundo mayor productor con 1,7 millones de toneladas métricas finas (Hernández, 2014). En lo que respecta al petróleo y el gas, Brasil y Argentina tienen un gran desarrollo en esta materia a diferencia de Chile.

- Chile: 244 miles de m3 de petróleo y 1.793 millones de m3 de gas (Ministerio de Minería, producción 2011).
- Argentina: 35.268 miles de m3 de petróleo y 47.097 millones de m3 de gas (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, producción 2010)
- Brasil: 122.177 miles de m3 de petróleo y 24.000 millones de m3 de gas (Agencia Nacional do Petróleo, Gas natural e Biocombustíveis, producción 2011)

Este desarrollo en materias primas en distintos sectores puede ser aprovechado a través de alianzas comerciales que permitan un progreso en la creación de un nuevo sector industrial de energía marítima. La cooperación entre países es un

²⁶ Datos de la producción actual de acero disponible en: <http://www.worldsteel.org/statistics/crude-steel-production.html>

buen signo de solidez económica y estabilidad en el desarrollo de las industrias, y en la medida que las alianzas se enmarquen en un panorama económico favorable todos los países involucrados recibirán los beneficios tecnológicos que se generen. Además, Brasil y Argentina poseen grandes compañías que producen turbinas hidroeléctricas, eólicas y a vapor con altos estándares de calidad y que compiten con compañías europeas, por lo cual cuenta con ventajas competitivas sobre Chile quien es importador de tecnologías para la producción de energía con fuentes no convencionales. Esto no implica que Chile no pueda avanzar en la elaboración de dispositivos aptos para la generación de electricidad, pero es un camino a seguir en el corto plazo en apoyo a la diversificación de la matriz energética que existe en la actualidad en el país.

6. CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

¿Cómo acortar los plazos para el desarrollo de la Energía Oceánica en Chile?

El desarrollo de una nueva industria depende del sector público y privado, en conjunto con la participación de toda la ciudadanía. En materia energética, debido a los altos costos existentes, el Estado juega un rol determinante (acá no se discutirá sobre la dicotomía planteada por la economía política sobre si el Estado debe cumplir un rol fiscalizador o proveedor de bienes y servicios) por lo tanto se deben generar los incentivos que garanticen un adecuado panorama legal y económico que promueva un desarrollo sostenible y seguro a través del tiempo. Debe haber un compromiso por generar un ambiente de cooperación y respeto por las normas establecidas por las autoridades y los convenios tanto nacionales como internacionales.

El desarrollo de la energía marítima se puede dar en dos líneas. La primera dice relación con una actitud pasiva respecto de impulsar las fuentes energéticas marítimas. Esto quiere decir esperar que la tecnología sea producida en el extranjero, junto a los estudios de factibilidad, y adaptarlas al país mediante la

imitación o adquisición de los dispositivos, llevando así a un retraso con respecto a quienes han impulsado en primera instancia la generación de este tipo de energía. Las consecuencias de esto serían una matriz con una participación mayor de las energías más limpias y un cumplimiento con las metas de las ERNC. No obstante, Chile perdería la oportunidad de forjar una nueva industria pionera a nivel mundial.

La segunda línea es un rol activo de Chile en la generación de energía marítima mediante un esfuerzo por desarrollar una industria propia que tenga alcance en el impulso del conocimiento y la tecnología. Esta estrategia de desarrollo permitiría un mayor involucramiento de todos quienes participan en la elaboración de proyectos energéticos, adhiriéndose además instituciones tanto públicas como privadas y organizaciones que tengan como meta un progreso de Chile en el buen y apropiado uso de la energía. Las siguientes recomendaciones se enmarcan en el rol activo en la generación de energía marítima, en términos: Legales; y de Investigación y desarrollo, Infraestructura y Financiamiento.

Para ello se propone un **Plan Nacional de ERNC Marina**, el cual determine claramente la importancia de ser pioneros en la generación de electricidad a través de fuentes marinas.

Recomendaciones en el marco legal:

- Una mayor **regulación de las oposiciones a solicitudes de concesión marítima** con el objetivo de acortar los tiempos de tramitación para la realización de un proyecto y disminuir la incertidumbre generada entre las partes involucradas.
- **Autorización de superposiciones totales y parciales** debido al aumento de proyectos cuya base son las concesiones marítimas, de esta manera debe haber una mayor regulación que permita disminuir los costos de transacción que se presentan.
- **Desregulación de modificaciones y transferencias** lo que permitiría una tramitación más corta y simple, generando menos incertidumbre en la materialización de proyectos.
- **Creación de concesiones de investigación y desarrollo** lo que permitiría un mayor fomento a la mejora de las tecnologías relacionadas a las ERNC, atrayendo así a nuevos inversores o clientes que se interesen en el mercado energético.
- **Consulta ciudadana para la instalación de proyectos de mayor envergadura**, lo que permitiría evitar los conflictos entre la ciudadanía y la realización del proyecto sorteando la posible incertidumbre. De esta manera los

grandes proyectos tendrán mayor validez por parte de quienes reciben los beneficios de la producción de energías limpias

- **Perfeccionamiento de la Evaluación de Impacto Ambiental** la cual esté basado en los riesgos existentes para el país el uso del borde costero o las zonas oceánicas. Así también, adaptar la Evaluación Ambiental Estratégica al desarrollo de las Energías Renovables No Convencionales.

Recomendaciones Investigación y desarrollo, Infraestructura y Financiamiento:

- **Mapeo de sitios e infraestructura** lo que permitiría identificar las zonas de desarrollo de energía oceánica latente y el tipo de infraestructura más adecuada para la generación eléctrica.
- **Estudios de la red eléctrica para y sobre las energías marinas**, lo cual permitirá aprovechar adecuadamente la capacidad máxima instalada y se evitará sobre exigir a los dispositivos y cadena de suministro involucrada. En la medida que se optimicen los recursos y las fuentes de uso habrá un cumplimiento de las metas en el plan de energía propuesto por las autoridades.
- **Establecer una hoja de ruta para el desarrollo de la energía marina** determinando las metas y el papel que el gobierno desempeñaría para promover el uso de energías marinas, el conocimiento y las investigaciones relacionadas al funcionamiento de una matriz basada en ERNC.

- **Apoyo financiero a proyectos pilotos** que sirvan de prueba, para así establecer los esquemas y el funcionamiento de los dispositivos que serán utilizados a futuro. Estos tienen que ser de una baja capacidad instalada y cuyos resultados sean obtenidos en el corto o mediano plazo.
- **Recursos financieros a proyectos de gran escala** posterior a una evaluación de impacto social, económico y ambiental, evitando así financiar proyectos que no sean convenientes para el desarrollo de la industria marítima.
- **Convenios Privados-Estado**, lo cual permita diversificar los gastos o ingresos obtenidos de la generación de electricidad mediante fuentes de energía marítima. Para ello se podría promover incentivos tributarios a medida que aumenten los ingresos y/o la factibilidad del proyecto.

Este Plan Nacional de Energía Marina debe incorporar objetivos de corto, mediano y largo plazo, así también aspectos tanto de índole nacional como regional, esto con el fin de implementar de manera adecuada las distintas modificaciones que busquen generar la mayor cantidad de efectos positivos en la sociedad; el desarrollo sostenible incluye el resguardo de la seguridad y salud de la gente y la conservación de los recursos naturales (no olvidar que se está creando una nueva industria).

Para ello, sería apropiado dividir el proceso de creación de la industria de energía marina en distintos períodos o fases (3), cada uno de ellos con diferentes metas y criterios de evaluación, permitiendo así un seguimiento adecuado, evaluación y/o corrección de errores y posterior actualización de los objetivos establecidos en un inicio.

La primera fase debe incluir un desarrollo interno integral de gran escala junto a un plan de acción estratégico. Esto implica un compromiso del sector público y organismos relacionados a la industria energética, estableciendo objetivos nacionales, medidas de rendimiento y un sistema de gestión de información nacional, junto con un análisis legal y de cambios legislativos.

La segunda fase se centra en cuestiones más específicas del proceso de generación de la industria como es el desarrollo regional de la energía oceánica con proyectos pilotos de pequeña o gran escala. A esto se le suma, un plan de preparación y planificación de nuevos recursos o fuentes de financiamiento, incluyendo la posibilidad de que nuevas organizaciones se sumen al Plan de Energía, considerando lo ocurrido en la primera fase.

En la tercera fase se espera un desarrollo comercial de la tecnología de energía marina, de esta manera es posible que exista una maduración de la industria a

nivel internacional junto con una evolución permanente de las distintas tecnologías de aprovechamiento del mar para la generación de energía. Los resultados obtenidos en las etapas anteriores guiarán la trayectoria de decisiones de las autoridades considerando, en el caso que las metas no se hayan cumplido, una reformulación de los planes iniciales.

Todas estas recomendaciones se enmarcan en aspectos básicos como son la construcción y mantención de la confianza del público a través del respeto por la institucionalidad, transparencia y la adecuada rendición de cuentas por parte de las autoridades. Para ello, es necesario establecer enfoques energéticos que sean sostenibles en aspectos ambientales, económicos y técnicos, como los propuestos anteriormente.

CONCLUSIONES

1. Chile es un país en desarrollo que se encuentra en proceso de implementación de diferentes reformas para alcanzar un mayor crecimiento, igualdad y seguridad en los distintos ámbitos sociales, esto a través de políticas sociales y proyectos privados que se adecúen a las demandas realizadas por quienes habitan este territorio. El cambio de la matriz energética se enmarca en este panorama donde se requiere de más energía limpia conservando los bienes y servicios ecosistémicos que nos otorga el medio ambiente, estableciendo un desarrollo económico sostenible.
2. Chile tiene la posibilidad cierta de ser pionero en la generación ERNC con un borde costero que tiene uno de los potenciales más altos del mundo para la producción de energía oceánica, con ello se alcanzaría el desarrollo de una nueva industria la cual considera aspectos tecnológicos como la fabricación de dispositivos y equipos para la generación de electricidad. El potencial de energía undimotriz sería mayor que el de la energía mareomotriz, sin embargo la longitud de la costa permitiría llevar a cabo cualquier tipo de proyecto cuya fuente sea el océano.

3. Actualmente, el desarrollo de la generación de electricidad mediante fuentes marítimas se encuentra en etapa de crecimiento y maduración con costos elevados en comparación con las demás ERNC, lo que haría poco atractivo invertir en ellas en el corto plazo. Sin embargo, se espera que estos costos disminuyan en el mediano y largo plazo a medida que se alcance un nivel más competitivo, ya que se necesita un mayor perfeccionamiento de los dispositivos utilizados y de las investigaciones en curso a nivel nacional e internacional.
4. A pesar de los altos costos existentes en la actualidad, muchos países han decidido invertir en las energías marinas por los efectos positivos a nivel medio ambiental, económico y social; los países que cuentan con una mayor participación son Reino Unido, Estados Unidos y los Países Nórdicos. En este sentido, Chile posee ciertas ventajas que permitiría afianzarse como pionero en esta materia, ya que los últimos estudios indican que el costo de la energía mareomotriz puede ser un 16% menor en Chile que el de Reino Unido y posiblemente un 30% menos en el caso de la undimotriz.
5. Considerando la etapa de desarrollo existente en esta nueva forma de energía el financiamiento cumplirá un papel clave para el progreso de ésta. Para ello el gobierno debe facilitar y financiar la inversión en investigación y desarrollo, adaptándose de mejor manera a los

requerimientos básicos para el impulso de este sector. Los mecanismos deben garantizar que se materialicen los esfuerzos por promover las energías limpias en el país en términos de la cadena de suministro, mejora de la infraestructura y red eléctrica y todos aquellos aspectos relacionados con el fortalecimiento de la industria. Es fundamental obtener los resultados propuestos en los estudios, expresados en los impactos positivos en la sociedad, que sin duda encaminará hacia un desarrollo energético eficiente.

6. Chile debe plantear una estrategia en conjunto con la nueva Agenda Energética que permita establecer la combinación óptima de cambios en términos del gasto en investigación y desarrollo que se hace en el país y en especial en el sector de energía, actualizar el marco legal que se relaciona con la realización de los proyectos y nuevas políticas de gobierno en materia medio ambiental, laboral, económica y educacional. Actualmente, el panorama en el que se desenvuelve el desarrollo de la energía marina posee varias falencias que no permitiría un progreso eficaz, existiendo vacíos o deficiencias legales y falta de propuestas que impulsen la inversión en nuevas tecnologías.
7. Chile tiene la capacidad económica, de conocimientos y marco legal para impulsar una industria pionera a nivel mundial y con ello exportar dispositivos y experiencias en la generación de energías limpias. Junto a

esto, las alianzas internacionales que puede forjar, en especial con países de Sudamérica, permitirían además el desarrollo en la región, generando así economías de escalas, disminución de los costos en la producción e intercambio de información y conocimientos. A través de esa vía se podrán fortalecer todas las industrias de la región involucradas en la producción de dispositivos y equipamientos, como es la industria del acero y del cobre. En este sentido es necesario mirar el progreso desde una perspectiva en conjunto de todos los sectores comprendidos en la actividad económica de un país.

8. El Gobierno, la ciudadanía y las autoridades tanto públicas como privadas tienen que decidir el mejor camino para Chile en la búsqueda del desarrollo que contenga una mayor justicia social y crecimiento equitativo. En base a ello se debe resolver si existe un trabajo colaborativo para la creación de una nueva industria o esperar la importación de tecnología que contenga los avances que serán implementados. Chile tiene la posibilidad de ocupar un rol activo en la creación de nueva tecnología y que la energía marina constituya un impulso al desarrollo económico y social.

REFERENCIAS

- A.G., C. d. (18 de Junio de 2014). *Colegio de Ingenieros de Chile A.G.* Recuperado el 2 de Noviembre de 2014, de Actualidad, Artículos Comisión Energía: <http://www.ingenieros.cl/la-mineria-hace-un-llamado-a-potenciar-los-proyectos-de-generacion-de-energia-para-la-industria/>
- ACERA, & NRDC. (2013). *Beneficios Económicos de Energías Renovables No Convencionales*.
- Agency, I. E. (2009). *World Energy Outlook*. OECD/IEA.
- APCTT. (2012). *Country Specific Information on Renewable Energy*.
- Aquatera. (2014). *Recomendaciones para la Estrategia de Energía Marina: un plan de acción para su desarrollo*. Santiago: Embajada Británica en Chile.
- Barton, J. H. (2007). *Intellectual Property and Access to Clean Energy Technologies in Developing Countries*. ICTSD.
- BCN. (2012). *Comparación de Precios de Electricidad en Chile y países de la OCDE y América Latina*. Santiago.
- BCN. (2010). *Evolución de los precios del mercado eléctrico*.
- Bloomberg New Energy Finance. (2013). *Global Trends in Renewable Energy Investment 2013*. Frankfurt: Frankfurt School of Finance & Management
- Brunner, P. Y. (2013). *Análisis del mercado regulatorio para incorporar fuentes de Energías Renovables No Convencionales en el mar chileno*. Santiago.
- Chile, A. d. (2006). *Reglamento sobre Concesiones Marítimas*. Valparaíso.
- Chile, F. (Febrero de 2014). *Energías Marinas: Potencial en Chile*. Recuperado el 11 de Enero de 2014, de http://www.fundacionchile.com/archivos/Presentacion_Energ_as_Marinas.pdf

Climático, P. I. (2011). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Cambridge University Press.

CNE. (2008). *Política Energética: Nuevos Lineamientos*.

Collaborative, N. W. (2010). *National Wind*. Recuperado el 20 de Octubre de 2014, de Wind Turbine Interactions with Birds, Bats, and their Habitats: A Summary of Research Results and Priority Questions: https://nationalwind.org/wp-content/uploads/assets/publications/Birds_and_Bats_Fact_Sheet_.pdf

Demoscopica. (2010). *Diagnóstico para el fortalecimiento institucional y profundización del mercado energético*.

Electricidad, R. (2014). *Revista Electricidad* , 23 (172).

Electricidad, R. (2012). *Catastro de centrales y proyectos energéticos*.

Energía, C. (20 de Noviembre de 2011). *Central Energía*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2014, de Costos marginales, estrategias comerciales y regulación: <http://www.centralenergia.cl/2011/09/20/costos-marginales-estrategias-comerciales-y-regulacion/>

Energía, C. N. (2013). *Impacto Económico y Social de Interconexión SIC-SING*. Santiago: Gobierno de Chile.

Energía, M. d. (s.f.). *Ministerio de Energía*. Recuperado el 2014 de 5 de Septiembre, de Generación: http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/03_Energias/Otros_Niveles/Electricidad/Mercado_electricidad/generacion.html

Energía, M. d. (s.f.). *Ministerio de Energía*. Recuperado el 12 de Octubre de 2014, de Balance Energético: <http://www.minenergia.cl/documentos/balance-energetico.html>

Energía, M. d. (28 de Febrero de 2012). *Ministerio de Energía*. Recuperado el 11 de Octubre de 2014, de Estrategia Nacional de Energía: <http://www.minenergia.cl/estrategia-nacional-de-energia-2012.html>

Energía, M. d. (15 de Mayo de 2014). *Ministerio de Energía*. Recuperado el 11 de Octubre de 2014, de Agenda de Energía: <http://www.minenergia.cl/ministerio/noticias/generales/ministro-de-energia-entrega-a-la.html>

Energía, M. d. (2014). *Ministerio de Energía*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de Agenda de Energía: <http://www.energia2050.cl/uploads/material/e199d53a2ec461d3244277bd09cea29500f3df87.pdf>

Energía, M. D. (16 de Abril de 2015). Ministerio de Energía. Obtenido de <http://www.minenergia.cl/ministerio/noticias/generales/ministro-de-energia-firma-decreto-de.html>

Electricidad. (23 de Octubre de 2014). *Electricidad: La revista energética de Chil*. Recuperado el 12 de Enero de 2015, de <http://www.revistaei.cl/2014/10/23/estudio-chile-sera-lider-regional-en-contaminacion-si-cambia-modelo-de-expansion-electrico/>

Fabian Pressaco, P. S. (2012). *Consideraciones críticas sobre política pública y social de los gobiernos de la Concertación: Chile, 1990 - 2010. ¿Del crecimiento con equidad al crecimiento basado en la competencia y el subsidiarismo generalizado?* Santiago: Scielo.

Figuroa, E. (2014). Los grandes desafíos para que Chile logre satisfacer sus necesidades energéticas futuras. *Revista Economía y Administración* (162), 56-65.

Figuroa, E. (2007). Retraso Energético. *Revista Induambiente* , Año 15 (87), 21.

Garretón, M. A. (2012). *Neoliberalismo corregido y progresismo limitado: los gobiernos de la Concertación en Chile 1990-2010*. Santiago, Chile: CLACSO.

GIZ, M. d. (2012). *Las Energías Renovables No Convencionales en el Mercado Eléctrico Chileno*. Informe complementario al libro del mismo título.

Hernández, S. (2014). Informe de tendencias del mercado del cobre abril - junio de 2014. Cochilco.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press.

J. Cruz, M. D. (2009). Preliminary site selection - Chilean Marine Energy Resources.

Juan Pablo Carvallo, P. H.-G. (Octubre de 2014). *ACERA*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2014, de *IMAGINANDO UN CHILE SUSTENTABLE* : <http://www.acera.cl/wp-content/uploads/2014/10/10172014-Imaginando-un-Chile-sustentable-FINAL.pdf>

Lacoste, P. (2009). *Entre el Imperialismo y el Populismo: El Liderazgo de Chile en América Latina*. Estudios Latinoamericanos.

Luna, J. P., & Seligson, M. (2007). *Cultura Política de la Democracia en Chile: 2006*.

Naturales, C. p. (Septiembre de 2013). *Consejo para la Defensa de Recursos Naturales*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2014, de *The Economic Benefits of Non-Conventional Renewable Energy in Chile*: <http://www.nrdc.org/international/files/chile-ncre-IB.pdf>

OCDE. (2005). *Evaluaciones de desempeño ambiental*. OCDE/CEPAL.

OCDE. (2008). *Prospectiva Medioambiental de la OCDE para el 2030*. OCDE.

ORECCA. (2011). *European Offshore Renewable Energy Roadmap*. Edimburgo: Universidad de Edimburgo.

Program, C. O. (2013). *Coastal Ocean Currents Monitoring Program*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2014, de www.cocmp.org/definitions.html

Renovable, C. d. (2013). *Centro de Energía Renovable*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2014, de *Energía Marina*: <http://cifes.gob.cl/tecnologias/files/2012/05/marina.pdf>

Renovable, C. d. (s.f.). *Energía Marina*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2014, de *Centro de Energía Renovable*: <http://cifes.gob.cl/tecnologias/files/2012/05/marina.pdf>

Renovable, F. (2 de Enero de 2014). *Futuro Renovable*. Recuperado el 12 de Enero de 2014, de <http://www.futurorenovable.cl/2014/01/coordinador-de-aysen-reserva-de-vida-destaca-movilizacion-social-contra-proyectos-hidroelectricos/>

Rojas, P. G. (5 de Noviembre de 2014). *Ministerio de Energía*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2014, de Centro de Energías Renovables: <http://cifes.gob.cl/sobre-las-ernc/datos-y-estadisticas/>

Sauma, E. (2012). *Políticas de fomento a las energías renovables no convencionales (ERNC) en Chile*. Santiago: Universidad Católica de Chile.

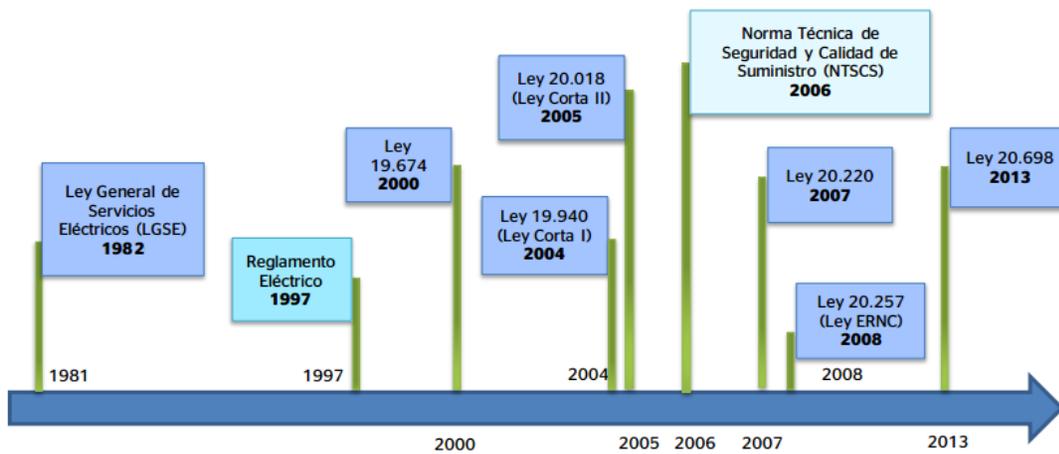
Sustentable, P. C. (2010). *Conflictos por el Agua en Chile*. Santiago.

ANEXOS

Anexo 1

Figura 41

Cronología Leyes Mercado Eléctrico



Fuente: Comisión Nacional de Energía, Elaboración Propia

Anexo 2

Tabla 13

Empresas Transmisoras de electricidad, Chile

Empresas Transmisoras
Transec S.A.
Compañía Transmisora del Norte Chico S.A. (CTNC S.A.)
Transchile Charrúa Transmisión S.A. (Transchile S.A.)
Transnet S.A.
Sistema de Transmisión del Sur S.A. (STS)
Transmisora Eléctrica de Quillota Limitada (Transquillota Ltda.)
Empresa de Transmisión Eléctrica Transemel S.A. (Transemel)
ELECNOR

Fuente: Central Energía de Chile

Tabla 14
Empresas Distribuidoras de electricidad, Chile

Empresas Distribución	
Chilectra S.A.	<i>Empresa Eléctrica de Colina Ltda.</i> <i>Luz Andes Ltda.</i>
CGE Distribución S.A. (CGE)	<i>Empresas Emel S.A. (EMEL)</i> <i>Compañía Nacional de Fuerza Eléctrica S.A. (CONAFE)</i> <i>Empresa Eléctrica de Magallanes S.A.(EDELMAG)</i>
Chilquinta Energía S.A.	<i>Compañía Eléctrica del Litoral S.A.</i> <i>Energía de Casablanca S.A. (EDECOSA)</i> <i>Luzinares S.A.</i> <i>Luzparral S.A.</i>
Inversiones Eléctricas del Sur S.A. (Grupo SAESA)	<i>Sociedad Austral de Electricidad S.A. (SAESA)</i> <i>Empresa Eléctrica de la Frontera S.A. (FRONTEL)</i> <i>Compañía Eléctrica de Osorno S.A. (Luz Osorno)</i> <i>Empresa Eléctrica de Aysén S.A. (EDELAYSEN)</i>
Empresa Eléctrica Puente Alto Ltda.	
Cooperativa de Consumo de Energía Eléctrica de Chillán Ltda. (COPELEC)	
Cooperativa de Abastecimiento de Consumo Eléctrico Curicó Ltda. (CEC)	
Cooperativa Eléctrica Los Ángeles Ltda. (Coopelan)	
Compañía Distribuidora de Energía Eléctrica Ltda. (CODINER)	
Cooperativa Eléctrica Limarí Ltda. (ELECOOP)	
Cooperativa Regional Eléctrica Llanquihue Ltda. (Crell)	
Sociedad Cooperativa de Consumo de Energía Eléctrica Charrúa Ltda. (COELCHA)	
Cooperativa Eléctrica Paillaco Ltda. (SOCOPEPA)	
Cooperativa Rural Eléctrica Río Bueno Ltda. (COOPREL)	
Empresa Eléctrica de Casablanca S.A. (EMELCA)	
Empresa Eléctrica Municipal de Til Til	
Cooperativa de Abastecimiento de Energía Eléctrica Socoroma Ltda. (COOPERSOL)	

Fuente: Central Energía de Chile

Tabla 15
Empresas Generadoras de electricidad, Chile

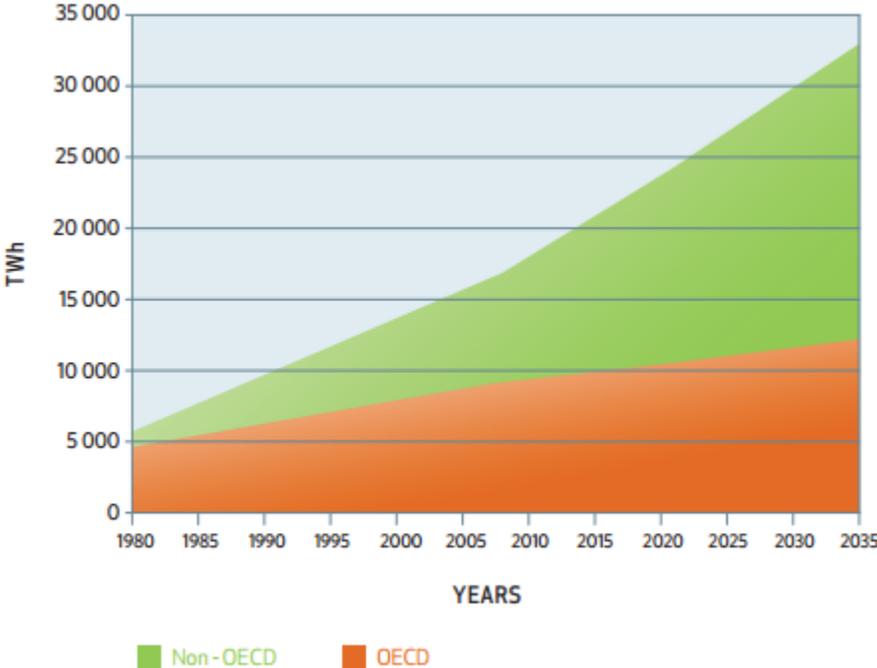
Empresas Generación	
Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA o Endesa Chile)	<i>Compañía Eléctrica San Isidro S.A.</i>
	<i>Empresa Eléctrica Pangué S.A.</i>
	<i>Empresa Eléctrica Pehuenche S.A.</i>
	<i>Compañía Eléctrica Tarapacá S.A. (Celta S.A.)</i>
	<i>Endesa Eco S.A.</i>
	<i>Central Eólica Canela S.A.</i>
	<i>Centrales Hidroeléctricas de Aysén S.A. (Hidroaysén)</i>
Colbún S.A.	<i>Termoeléctrica Antilhue S.A.</i>
	<i>Empresa Eléctrica Industrial S.A.</i>
	<i>Termoeléctrica Nehuenco S.A.</i>
	<i>Hidroeléctrica Guardia Vieja S.A.</i>
	<i>Hidroeléctrica Aconcagua S.A.</i>
	<i>Obras y Desarrollo S.A.</i>
	<i>Río Tranquilo S.A.</i>
AES Gener S.A.	<i>Sociedad Eléctrica Santiago S.A.</i>
	<i>Norgener S.A.</i>
	<i>Energía Verde S.A.</i>
	<i>Termo Andes S.A.</i>
	<i>Empresa Eléctrica Ventanas S.A.</i>
	<i>Empresa Eléctrica Ángamos S.A.</i>
	<i>Empresa Eléctrica Campiche S.A.</i>
Suez Energy Andino S.A.	<i>Eólica Monte Redondo S.A.</i>
SN Power Chile	<i>Norvind S.A.</i>
Enel Latin America Chile Ltda	<i>Empresa Eléctrica Panguipulli S.A.</i>
	<i>Empresa Eléctrica Puyehue S.A.</i>
E-CL S.A. (Ex Edelnor)	<i>Electroandina S.A.</i>
GasAtacama S.A.	
Pacific Hydro Chile S.A.	
Hidroeléctrica La Higuera S.A.	
Empresa Eléctrica Guacolda S.A.	
Arauco BioEnergía S.A.	
Iberoamericana de Energía IBENER S.A.	
Energía Latina S.A. (ENLASA)	
Inversiones Eléctricas del Sur S.A. (Grupo SAESA)	
Campanario S.A.	
Potencia S.A.	

Fuente: Central Energía de Chile

Anexo 3

Figura 42

Demanda de energía eléctrica mundial



Fuente: Ocean Energy System "An International Vision for Ocean Energy", 2011

Anexo 4

Tabla 16

Comparación marco legal entre países

Chile	Alemania	Canadá	Corea del Sur	Dinamarca	España	Reino Unido	Estados Unidos	Portugal
<p>1. Ley de Concesiones Marítimas.</p> <p>2. Decreto Supremo (M) N°475 de 14 de Diciembre de 1994 que establece la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República</p> <p>3., Reglamento de Concesiones Marítimas</p> <p>4. Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.</p> <p>5. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.</p> <p>6. Ley General de Servicios Eléctricos.</p> <p>7. Decreto N° 327, de 1998, del Ministerio de Minería, que fija el Reglamento de la Ley General de Servicios</p>	<p>1. <i>Erneuerung Energie Gesetz</i> o Ley de Energía Renovable.</p> <p>2. Ordenanza de instalaciones <i>offshore</i>.</p>	<p>Existen normas a nivel nacional sobre protección ambiental, aguas navegables y uso de océanos. Normativa específica se encuentra a nivel provincial. Por ejemplo, en la provincia de Nova Scotia existe la Estrategia de Energía Marina Renovable.</p>	<p>1. Ley de Promoción, Desarrollo y Difusión de Energía Nueva y Renovable.</p> <p>2. Ley sobre Conservación y Manejo de Ecosistemas Marinos, y Decreto Presidencial que la complementa.</p>	<p>de Ley Promoción a las Energías Renovables.</p>	<p>Real Decreto N° 1028, que establece un procedimiento administrativo para la tramitación de solicitudes de autorización de instalaciones de generación en el mar territorial.</p>	<p>1. UK Marine and Coastal Access Act de 1969.</p> <p>2. Marine Act de Escocia.</p> <p>3. Plan de Desarrollo de Energías <i>Offshore</i> de Irlanda.</p> <p>4. Ley de Electricidad.</p>	<p>1.National Environmental Act, 1969. (NEPA)</p> <p>2.Endangered Species Act, 1973.</p> <p>3.Marine Mammal Protection Act, 1972</p> <p>4.Magnuson Stevens Fishery Conservation and Management Act</p> <p>5. Marine Protection, Research, and Sanctuaries Act, 1972.</p> <p>6. National Marine Sanctuaries Act</p> <p>7. Coastal Zone Management Act, 1972.</p> <p>8. National Historic Preservation Act, 1966</p> <p>9. Federal Aviation Act, 1958.</p> <p>10. Federal Power Act.</p> <p>11. Ports and Waterways Safety Act.</p> <p>12. Rivers and Harbors Act, 1899.</p> <p>13. Outer Continental Lands</p>	<p>1. Lei N° 58/2005, ley de Agua.</p> <p>2. Decreto-Lei N° 226-A/2007.</p> <p>3. Despacho N° 5277-A/2011.</p> <p>4. Lei N° 57/2007, que autoriza al gobierno a aprobar un régimen jurídico de instalación y ejercicio de actividades de producción de energía eléctrica a partir de la energía de las olas.</p> <p>5. Decreto-Lei N° 5/2008, mediante el cual el gobierno portugués establece el mencionado régimen.</p>

Organismos principales								
<p>1. Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante</p> <p>2. Servicio de Evaluación Ambiental</p> <p>3. Superintendencia de Electricidad y Combustibles</p> <p>4. CDEC.</p>	<p>1. Agencia Marítima e Hidrográfica Federal</p> <p>2. Ministerio Federal Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear.</p> <p>3. Dirección General de Aguas y Transporte.</p>	<p>1. Ministerio de Transporte federal o local del Medio Ambiente</p> <p>3. Administrador de Energías Renovables de Nova Scotia.</p>	<p>1. Ministerio de Conocimiento y Economía.</p> <p>2. Autoridad Metropolitana.</p> <p>3. Ministerio de Tierras, Transporte y Asuntos Marítimos.</p>	<p>Ministerio de Clima, Energía y Construcción.</p>	<p>1. Dirección General Política Energética y Minas</p> <p>Ministerio de Industria, Turismo y Comercio</p> <p>2. Autoridad ambiental local competente</p> <p>3. Dirección general de Costas</p> <p>4. Dirección general de Marina Mercante.</p>	<p>Dependerá de la región de que se trate. Así en Escocia, Gales e Irlanda del Norte será el Secretario de Estado.</p>	<p>1. Todas las agencias federales.</p> <p>2. Fish and Wild Life (FWS).</p> <p>3. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)</p> <p>4. National Marine Fisheries Service (NMFS).</p> <p>5. Environmental Protection Agency (EPA);</p> <p>6. Office of Ocean and Coastal Resource Management (OCRM).</p> <p>8. National Park Service (NPS);</p> <p>9. Federal Energy Regulatory Commission (FERC);</p> <p>10. Bureau of Ocean Energy Management (BOEM).</p>	<p>1. Direcção Geral de Energia e Geologia (DGE/G).</p> <p>2. Instituto da Água.</p> <p>3. Administrações de Região Hidrográfica.</p> <p>4. Direcção regional do Ministro da Economia (DRME).</p> <p>5. Instituto da Conservação da Natureza (ICN).</p> <p>6. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente (MCOTA)</p> <p>7. Comissão de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR).</p>

Uso del mar y el borde costero								
Se requiere una concesión marítima, la cual es otorgada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.	Esta autorización es concedida por la Agencia Marítima e Hidrográfica Federal de Alemania.	A nivel nacional se establece que el Ministerio de Transporte debe otorgar un permiso para hacer obras en aguas navegables.	Se requiere la autorización del Ministerio de Tierras, Transporte y Asuntos Marítimos.	En Dinamarca existe un sistema de ventanilla única a cargo del Ministerio de Energía y Construcción, quien otorga las autorizaciones administrativas, ambientales y eléctricas pertinentes.	Esta autorización será entregada por la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.	Se requiere la autorización de la Corona para utilizar el fondo marino fuera de las 12 millas de mar territorial. Al interior de dicho límite, dependerá de cada país. Por ejemplo, Escocia tiene un sistema de ventanilla única.	Se requiere la autorización del BOEM, órgano encargado de otorgar las concesiones en el Outer Continental Shelf. Dependiendo del proyecto, pueden ser necesarias autorizaciones de la Guardia Costera. Por otro lado, la Outer Continental Lands Act le otorgó al Departamento del Interior el gestionamiento de las concesiones de energía renovable en el Outer Continental Shelf.	El Instituto da Água y las Administraciones de Regaio de Hidrografía conceden el título que permite use el dominio público marítimo. A su vez, intervienen las oficinas regionales del Ministerio das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente (MCOA), en conjunto con la Comissão de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR) que correspondan al lugar en que el proyecto.
Evaluación ambiental								
Debe tramitarse en paralelo, ante el Servicio de Evaluación Ambiental, en aquellos casos que corresponda según el artículo 10 de la Ley N° 19.300.	Debe obtenerse la autorización ambiental en paralelo.	Existen distintos procedimientos de si el proyecto es a nivel federal o local. Debe tramitarse en paralelo.	A cargo del Ministerio de Tierras, Transporte y Asuntos Marítimos.	A cargo del Ministerio de Energía y Construcción.	Debe tramitarse en paralelo ante la autoridad ambiental correspondiente.	En Escocia hay ventanilla única. En el resto de UK, existen evaluaciones ambientales que deben tramitarse en paralelo.	En general todas las actividades que puedan causar algún tipo de contaminación o que puedan afectar especies protegidas o lugares culturalmente valiosos están sujetos a evaluaciones ambientales que,	Están a cargo de la evaluación de varios organismos, la Agencia Portuguesa do Ambiente.

Otras autorizaciones						
Por tratarse de una instalación eléctrica, requiere del CDEC respectivo.	La Dirección General de Aguas y Transporte debe verificar que la instalación no afecte el tráfico marino.	Dependerá de la provincia de que se trate.	No se dispone de información.	A cargo del Ministerio de Clima, Energía y Construcción.	1. Autorización para ocupación del dominio público marítimo terrestre. 2. Autorización de la Dirección General de Marina Mercante respecto a la no afectación de la seguridad marítima. 3. Autorización de instalaciones eléctricas.	No se dispone de información.
					Dependiendo de las circunstancias particulares del área en cuestión podrían requerirse autorizaciones de la Fish and Wild Life, National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Protection Agency, el Advisory Council on Historic Preservation, el State or Tribal Historic Preservation Office, la Federal Aviation Administration, United States Coast Guard, etc.	La Dirección General de Energía e Geología (DGEG) es la encargada de gestionar lo relativo a los permisos, concesiones y licencias eléctricas. Dependiendo de las circunstancias del proyecto pueden requerirse autorizaciones del Instituto Conservacionista da Natureza, entre otros y de la Agencia Portuguesa do Ambiente.

Fuente: Philippi Yrarrázaval Pulido & Brunner

Anexo 5

Tabla 17
Generación Bruta en Chile por fuente (GWh)

Sistema Fuente	SIC Biomasa	SIC Carbón	SIC Eólica	SIC Gas Natural	SIC Hidro	SIC Petróleo	SING Biomasa	SING Carbón	SING Eólica	SING Gas Natural	SING Hidro	SING Petróleo
1996	237,575	5827,872	0	0	16013,309	280,442	0	0	0	0	0	0
1997	652,834	4393,616	0	41,786	17992,484	706,589	0	0	0	0	0	0
1998	812,764	5342,792	0	3774,843	15138,175	521,915	0	0	0	0	0	0
1999	913,541	5539,361	0	5419,647	12757,343	2236,149	0	7494,44	0	1056,801	59,961	380,874
2000	616,431	4240,719	0	6042,031	18450,224	149,784	0	5185,99	0	3906,815	56,051	149,91
2001	386,953	3395,473	0	5944,376	20994,391	1,335	0	2876,657	0	6784,263	63,948	89,689
2002	373,606	3078,916	0	5990,327	22456,952	0,745	0	3822,384	0	6449,892	66,97	28,089
2003	432,198	3555,713	0	7850,454	21798,556	1,558	0	3227,083	0	8105,296	65,743	18,742
2004	646,356	4804,167	0	9919,91	20822,763	65,449	0	4599,548	0	7588	65,975	76,507
2005	474,413	4266,197	0	6619,452	25375,317	1179,738	0	4550,218	0	8031,813	60,027	15,259
2006	570,187	5487,071	0	5826,797	27997,497	383,969	0	6608,58	0	6403,677	69,737	154,021
2007	744,392	6689,797	2,813	2674,834	22158,64	9704,184	0	8026,416	0	3146,778	68,167	2704,419
2008	884,067	6804,774	30,575	1225,102	23501,902	9357,906	0	8480,785	0	1713,141	67,836	4240,582
2009	966,307	7296,391	70,882	1937,39	24494,636	6972,405	0	8439,384	0	3000,317	61,863	3404,885
2010	841,376	8834,697	325,259	7312,504	21197,87	4645,017	0	8736,584	0	4042,343	56,868	2264,22
2011	927,98	10429,337	324,013	10049,61	20519,635	3801,74	0	11054,213	0	4103,78	63,313	622,054
2012	1828,18	12957,605	382,705	10172,135	20045,981	3408,979	0	13899,96	0	2284,456	77,096	464,363

Fuente: Ministerio de Energía – Balance energético, Elaboración propia

Anexo 6:

Precio de la electricidad para la industria (Comisión Nacional de Energía) – Descripción de la determinación del precio²⁷

Precio de Nudo

Los precios de nudo se fijan semestralmente, en los meses de abril y octubre de cada año. Su determinación es efectuada por la Comisión Nacional de Energía (CNE), quien a través de un Informe Técnico comunica sus resultados al

²⁷ Información obtenida de: <http://www.cne.cl/tarifacion/electricidad/precios-de-nudo-de-corto-plazo>

Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, el cual procede a su fijación, mediante un Decreto publicado en el Diario Oficial.

La política de costos reales y la ausencia de economías de escala en el segmento generación, permiten fijar como precio el costo marginal de suministro, constituido por dos componentes:

- Precio básico de la energía

Promedio en el tiempo de los costos marginales de energía del sistema eléctrico operando a mínimo costo actualizado de operación y de racionamiento, durante el período de estudio; y

- Precio básico de la potencia de punta

Costo marginal anual de incrementar la capacidad instalada del sistema eléctrico considerando las unidades generadoras más económicas, determinadas para suministrar potencia adicional durante las horas de demanda máxima anual del sistema eléctrico, incrementado en un porcentaje igual al margen de reserva de potencia teórico del sistema eléctrico.

La legislación vigente establece como premisa básica que las tarifas deben representar los costos reales de generación, transmisión y de distribución de electricidad asociados a una operación eficiente, de modo de entregar las

señales adecuadas tanto a las empresas como a los consumidores, a objeto de obtener un óptimo desarrollo de los sistemas eléctricos.

Uno de los criterios generales es la libertad de precios en aquellos segmentos donde se observan condiciones de competencia. Así para suministros a usuarios finales cuya potencia conectada es inferior o igual a 2.000 kW, son considerados sectores donde las características del mercado son de monopolio natural y por lo tanto, la Ley establece que están afectos a regulación de precios. Alternativamente, para suministros a usuarios finales cuya potencia conectada superior a 2.000 kW, la Ley dispone la libertad de precios, suponiéndoles capacidad negociadora y la posibilidad de proveerse de electricidad de otras formas, tales como la autogeneración o el suministro directo desde empresas generadores. Al primer grupo de clientes se denomina cliente regulado y al segundo se denomina cliente libre, aunque aquellos clientes que posean una potencia conectada superior a 500 kW pueden elegir a cual régimen adscribirse (libre o regulado).

En los sistemas eléctricos cuyo tamaño es superior a 1.500 kW en capacidad instalada de generación la Ley distingue dos niveles de precios sujetos a fijación:

1. Precios a nivel de generación-transporte, denominados "Precios de Nudo" y definidos para todas las subestaciones de generación-transporte desde las cuales se efectúe el suministro. Los precios de nudo tendrán dos componentes: precio de la energía y precio de la potencia de punta;
2. Precios a nivel de distribución. Estos precios se determinarán sobre la base de la suma del precio de nudo, establecido en el punto de conexión con las instalaciones de distribución, un valor agregado por concepto de distribución y un cargo único o peaje por concepto del uso del sistema de transmisión troncal.

Mientras los generadores pueden comercializar su energía y potencia en alguno de los siguientes mercados:

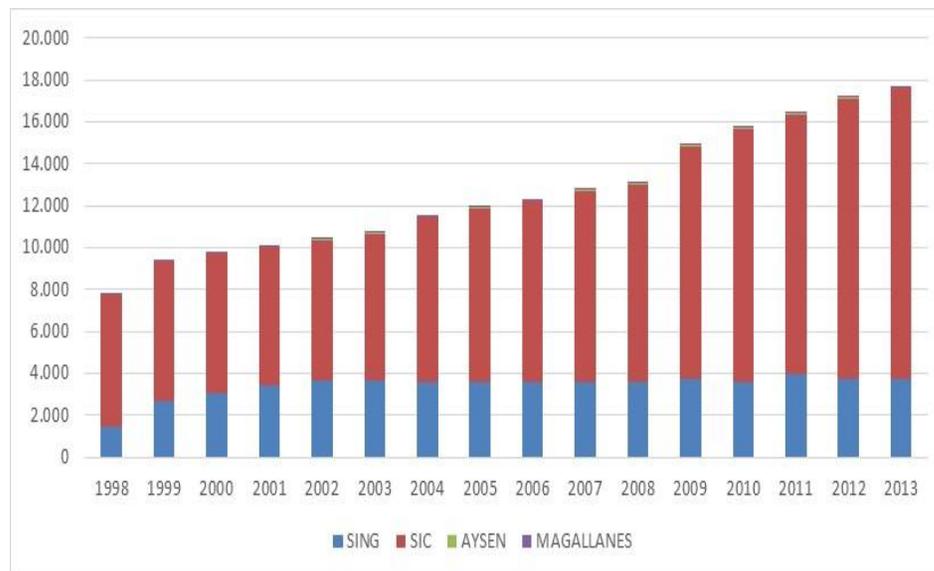
- Mercado de grandes consumidores, a precio libremente acordado;
- Mercado de las empresas distribuidoras, a Precio de Nudo, tratándose de electricidad destinada a clientes de precio regulado; y
- El Centro de Despacho Económico de Carga del respectivo sistema (CDEC), a costo marginal horario.

El precio que las empresas distribuidoras pueden cobrar a usuarios ubicados en su zona de distribución, por efectuar el servicio de distribución de electricidad, dado por la siguiente expresión:

Precio a usuario final = Precio de Nudo + Valor Agregado de Distribución +
Cargo Único por uso del Sistema Troncal

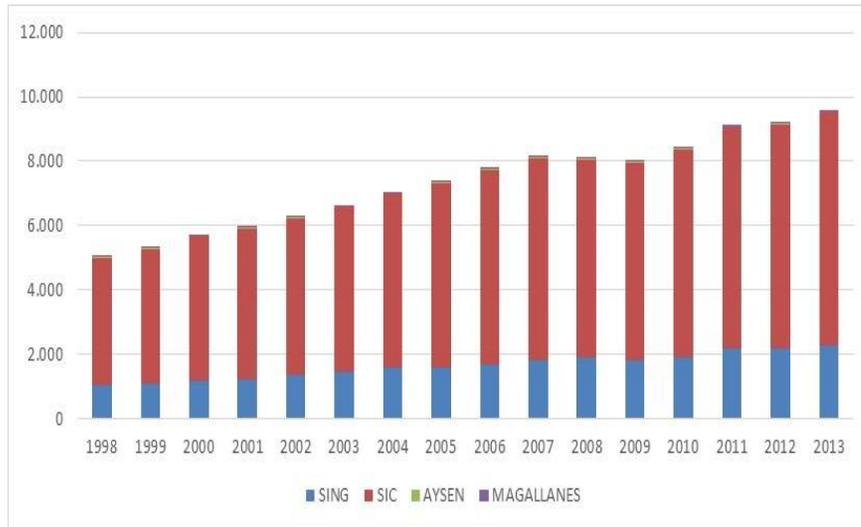
Anexo 7

Figura 43
Capacidad Instalada en Chile, MW



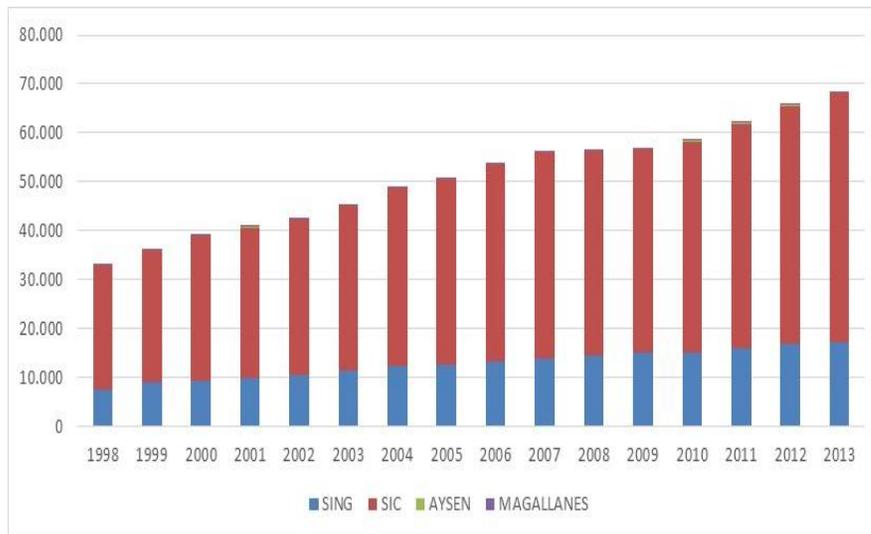
Fuente: Ministerio de Energía – Balance energético, Elaboración propia

Figura 44
 Generación Horaria Máxima en Chile, MW



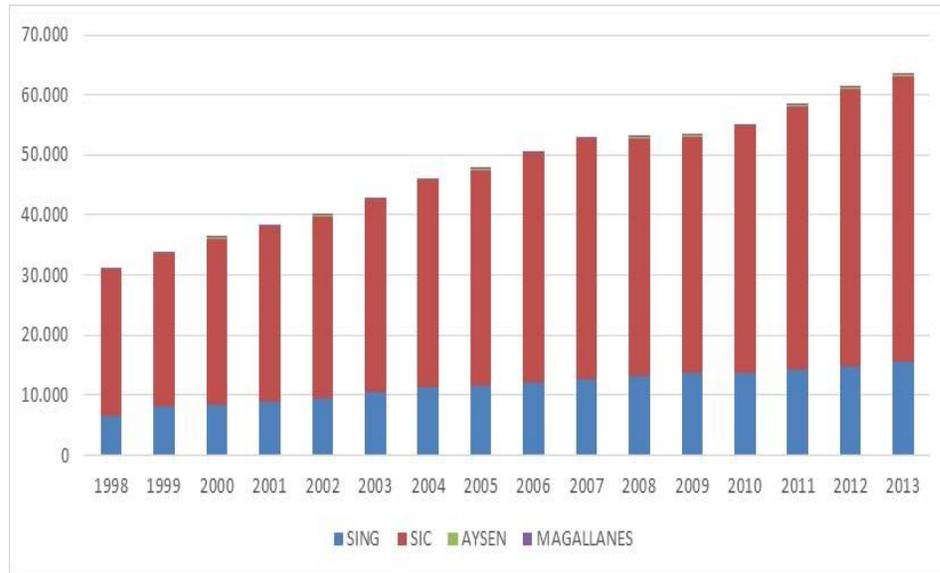
Fuente: Ministerio de Energía – Balance energético, Elaboración propia

Figura 45
 Generación Bruta en Chile, GWh



Fuente: Ministerio de Energía – Balance energético, Elaboración propia

Figura 46
Ventas energía en Chile, GWh



Fuente: Ministerio de Energía – Balance energético, Elaboración propia

Anexo 8

Tabla 18

Mercado Eléctrico en Chile: SIC – SING- AYSÉN - MAGALLANES

	Capacidad Instalada (MW)					Generación Horaria (MW)			
	SING	SIC	AYSEN	MAGALLANES		SING	SIC	AYSEN	MAGALLANES
1998	1.475,7	6.242,4	20,3	64,5	1998	1.020,9	3.991,4	12,5	28,5
1999	2.637,3	6.695,1	20,3	64,6	1999	1.093,6	4.185,5	13,4	28,2
2000	3.040,9	6.652,8	23,4	64,6	2000	1.153,5	4.516,0	13,8	29,8
2001	3.440,9	6.579,2	25,8	64,6	2001	1.220,8	4.694,0	13,9	29,6
2002	3.633,2	6.737,2	26,0	64,6	2002	1.360,3	4.878,0	15,2	30,0
2003	3.640,7	6.996,2	38,4	65,0	2003	1.416,0	5.162,0	16,5	33,4
2004	3.595,8	7.867,4	36,9	64,7	2004	1.566,6	5.430,8	17,6	36,0
2005	3.595,8	8.288,3	37,7	66,9	2005	1.566,2	5.763,9	19,4	39,8
2006	3.595,8	8.632,0	38,1	66,7	2006	1.676,0	6.059,0	20,7	42,6
2007	3.601,9	9.118,2	42,6	79,6	2007	1.790,4	6.313,4	20,9	47,3
2008	3.601,9	9.385,8	45,7	98,7	2008	1.897,0	6.147,1	23,5	48,2
2009	3.698,7	11.147,2	45,4	99,0	2009	1.816,0	6.139,1	22,2	48,6
2010	3.574,9	12.076,3	45,4	99,0	2010	1.900,0	6.482,1	23,0	50,8
2011	3.963,8	12.365,1	46,7	99,6	2011	2.161,8	6.881,4	24,1	50,8
2012	3.755,8	13.354,9	46,7	103,4	2012	2.167,4	6.991,9	25,5	50,6
2013	3.759,4	13.826,4	50,2	99,5	2013	2.243,3	7.283,1	25,3	51,7

	Generación Bruta (GWh)					Ventas (GWh)			
	SING	SIC	AYSEN	MAGALLANES		GWh	SING	SIC	AYSEN
1998	7.357,5	25.649,7	66,7	151,7	1998	6.616,4	24.240,0	72,2	146,5
1999	9.001,0	26.915,0	71,6	154,8	1999	8.119,6	25.530,3	77,7	149,5
2000	9.327,4	29.576,6	75,4	163,0	2000	8.398,0	27.653,6	83,1	157,8
2001	9.851,4	30.765,0	77,7	170,4	2001	8.991,1	29.144,4	86,4	164,4
2002	10.399,6	31.971,3	86,3	176,5	2002	9.481,8	30.334,7	95,4	172,1
2003	11.424,1	33.708,1	89,3	184,5	2003	10.480,2	32.076,0	99,6	180,4
2004	12.330,0	36.258,6	96,9	194,3	2004	11.240,4	34.602,4	108,0	192,9
2005	12.657,4	37.915,1	107,9	211,4	2005	11.559,6	35.929,2	120,3	205,6
2006	13.236,0	40.265,5	118,6	224,6	2006	12.029,4	38.231,1	132,0	218,0
2007	13.945,8	41.968,8	123,8	240,2	2007	12.674,3	39.963,7	138,4	231,9
2008	14.503,2	41.804,3	135,8	249,2	2008	13.219,2	39.580,3	134,2	240,9
2009	14.906,5	41.738,0	133,1	256,0	2009	13.656,0	39.400,8	131,8	247,4
2010	15.100,0	43.156,7	134,7	268,9	2010	13.792,0	41.061,7	134,1	260,1
2011	15.881,2	46.052,3	145,6	276,1	2011	14.263,0	43.804,3	144,1	267,3
2012	16.751,1	48.795,7	149,8	286,6	2012	14.832,0	46.281,5	148,3	277,8
2013	17.229,6	50.820,1	154,6	290,6	2013	15.414,0	47.777,6	152,9	281,8

Fuente: Ministerio de Energía – Balance energético, Elaboración propia