

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESCUELA DE INGENIERÍA COMERCIAL



**Energía Solar: Su relevancia para la diversificación de la matriz energética
chilena.**

MEMORIA PARA OPTAR
AL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE
EMPRESAS Y AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

Profesor Guía: SR. SERGIO CALVO URZÚA

Alumnos: RUBÉN CABALLERO PINTO

LUIS RAMIREZ PINO

VIÑA DEL MAR, 2013.

DEDICATORIAS

Dedicado a mis padres, Rubén y Sandra, que han entregado todo lo posible para dar felicidad. A mis hermanas Pamela, Carolina y Nicole, por dar siempre una palabra de apoyo. A Don Rola, Violeta, Sergio y Rosa, que cumplirán su sueño de ver a su nieto profesional. A la familia Chávez Pereira, por hacerme sentir un hijo más. A mi compañera Monserrat, por su amor, entrega y apoyo incondicional, que han hecho esta fase todo un éxito.

Rubén Caballero P.

Dedicado a Dios, por haberme permitido llegar a este punto. A mis padres Antonio y Patricia,

porque sin su empuje y apoyo este sueño no habría sido posible. A mis hermanos, Priscilla y Alan, por desvelarse conmigo, por su ayuda y su aliento. A Elvirita, Hilda y Luis, yo sé que desde el cielo me han cuidado.

Luis Ramirez P.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los profesores y personal de la Universidad por todas las enseñanzas y herramientas. En especial queremos darle infinitas gracias a nuestro profesor Sergio Calvo Urzúa, por su apoyo, buen humor y paciencia en estos años.

Finalmente, nos gustaría agradecernos a nosotros mismos, por nuestro esfuerzo y constancia. Por la paciencia y buena voluntad para lograr un objetivo en común. Lo logramos!

**Rubén Caballero y Luis
Ramirez.**

INDICE

PRESENTACION

DEDICATORIAS

AGRADECIMIENTOS

INDICE	i
RESUMEN	vii
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del Problema	2
Objetivos	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 Energía.....	8
1.1.1. La energía Solar.....	8
1.1.1.2. Captura de la energía solar.....	8
1.1.1.2.1. Colectores de placa plana.....	9
1.1.1.2.2. Colectores de concentración.....	10
1.1.1.2.3. Análisis de Costo.....	10

1.1.1.2.4. Hornos solares	12
1.1.1.3. Electricidad fotovoltaica.....	12
1.1.1.4. Dispositivos de almacenamiento de energía solar	13
1.1.1.5. La Energía Solar en Chile	13
1.2. Conceptos	14
1.2.1. Matriz Energética	14
1.2.2. Energías Primarias.....	15
1.2.3. Energías Secundarias	15
1.2.4. Energías No Renovables	15
1.2.4.1. El Carbón	15
1.2.4.2. El Petróleo.....	16
1.2.4.3. El Gas Natural	16
1.2.4.4. Energía Nuclear	17
1.2.5. Energías Renovables	17
1.2.5.1. Energías Renovables Convencionales.....	18
1.2.5.2. Energías Renovables No Convencionales	18
1.2.5.3. Energías Renovables Contaminantes	19
1.2.5.3.1. Energía Hidráulica.....	19
1.2.5.4. Energías Renovables No Contaminantes	20

1.2.5.4.1. Energía Eólica	20
1.2.5.4.1.1. Parques Eólicos	21
1.2.5.4.2. Energía Mareomotriz:.....	21
1.2.5.4.3. Energía Undimotriz:.....	22
1.2.5.4.4. Energía de la Biomasa:	22
1.2.5.4.5. Energía Geotérmica:	23
1.3. Entes Reguladores del Sistema Energético en Chile	24
1.3.1 Comisión Nacional de Energía (CNE)	24
1.3.2. Ministerio de Minería	24
1.3.3. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción	24
1.3.4. Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).....	25
1.3.5. Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT)	25
1.3.6. Marco Regulatorio y Legislativo	26
1.3.6.1. Sistema eléctrico:.....	26
1.3.6.2. Energía Solar Térmica en Chile	27
1.4. Introducción a la Matriz Energética de Chile.	31
1.4.1. Matriz Energética de las Energías Primarias	31
1.4.1.1. Producción de las Energías Primarias en Chile	32

1.4.1.2 Producción y Consumo de las Energías Primarias en Chile (Teracalorías*).....	32
1.4.1.3. Producción y Consumo de las Energías Primarias (Unidades Físicas)	33
1.4.1.4. Localización geográfica de las energías primarias en Chile.....	34
1.4.2. Producción de las Energías Secundarias en Chile	37
1.4.2.1 Producción y Consumo de las Energías Secundarias (Teracalorías)	39
1.4.3. Localización Geográfica de las Energías Secundarias en Chile	41
1.4.3.1 Localización y producción de combustibles líquidos, a través del petróleo crudo	41
1.4.3.2 Localización y generación de energía eléctrica, a través de energías presentes a la matriz primaria.....	42
1.4.3.3. Ubicación de las Centrales Hidroeléctricas de Chile	43
1.5. Carretera Eléctrica	43
1.5.1. Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)	43
1.5.2. Sistema Interconectado Central (SIC).....	44
1.5.3. Sistema de Aysén	44
1.5.4. Sistema de Magallanes	44
1.5.5. Carretera eléctrica.....	45

CAPÍTULO II: MATRIZ ENERGÉTICA Y ENERGÍA SOLAR EN CHILE. PROCESO DE CAPTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN	46
2. Matriz energética y energía solar en Chile. Proceso de captación y transformación.	47
2.1. Proceso de captación y transformación de energía solar	47
2.2. La energía solar térmica.....	47
2.2.1. Usos de la energía solar térmica.....	48
2.2.1.1. Agua caliente sanitaria (A.C.S.)	48
2.2.1.2. Climatización de Piscinas.....	49
2.2.1.3. Calefacción	49
2.2.2. Proceso de Transformación	49
2.2.3. Sistemas de Instalaciones térmicas:	51
2.2.4. Marco Regulatorio de la Energía térmica en Chile	54
2.2.5. Ventajas de la energía solar térmica	61
2.3. La energía solar fotovoltaica	61
2.3.1. Electrificación de Sistemas Aislados	64
2.3.2. Bombeo Solar Directo	65
2.3.3. Conexión a Red	66
2.4. Ventajas de utilizar la energía solar	67

2.4.1. Ventajas Medioambientales	67
2.4.2. Ventajas Estratégicas.....	67
2.4.3. Ventajas Socioeconómicas	68
CAPÍTULO III: EXPERIENCIAS DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES EN CHILE	69
3. EXPERIENCIAS DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES EN CHILE	70
3.1. Proyectos de Energías Renovables en Chile	70
3.2. Cartera ERNC	71
3.3. Análisis costo-beneficio ERNC.....	71
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	81
Anexo 1:.....	81
Anexo 2:.....	85

RESUMEN

La presente investigación muestra los principales aportes de la utilización de la matriz energética en Chile. Para esto, se centra en la identificación de las necesidades energéticas actuales del país en el ámbito industrial y residencial, señala las soluciones basadas en la energía solar implementadas para dar respuesta a éstas necesidades y finalmente enuncia los beneficios medioambientales de la utilización de energía solar. El estudio de tipo descriptivo comprensivo, empleó la indagación en distintos medios de publicación en Chile sobre el tema y el análisis de los datos propuestos. Así se concluye que en un escenario de dependencia de la importación de fuentes de energías altamente contaminantes con un alto impacto medioambiental negativo, altos costos para su desarrollo y en el consumo, resulta necesario potenciar energías que sean más sustentables para Chile.

Palabras claves: Energía Solar, Matriz energética, Chile.

ABSTRACT

This research shows the main contributions of the use of the energy in Chile. For this, the focus was on identifying the current energy needs of the country in industrial and residential area, points-based solar power solutions implemented to meet these needs and then sets out the environmental benefits of using solar energy. This comprehensive descriptive study, use the inquiry of various media

information published in Chile related to solar energy and then proposed the data analysis. Thus we conclude that in a scenario of import dependence on highly polluting energy sources with high negative environmental impact, high costs for their development and consumption, it is necessary to promote more sustainable energies for Chile.

Key words: Solar energy, Energetic Matrix, Chile.

INTRODUCCIÓN

Los combustibles fósiles son hoy en día, la base para un mundo en movimiento. Desde la revolución industrial, el petróleo y sus derivados han contribuido en forma primordial al desarrollo mundial, pero desde la segunda mitad del siglo XX a la fecha, las cosas han cambiado. La constante disminución de las reservas del crudo, el hecho de que éstas se encuentren concentradas en pocos países, las turbulencias políticas, económicas y climáticas, y ahora último el incremento en la preocupación por el cuidado del medio ambiente, han hecho necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de energía, que cumplan con los requisitos de generación a un precio económicamente viable, de forma segura, y a la vez responsable con el entorno ambiental. Dentro de estas características se enmarcan las energías renovables, como la solar o eólica, que ofrecen una buena relación costo/beneficio y son respetuosas con el medio ambiente, pero que por diversos factores, no han sido incorporadas con celeridad para ser un complemento real que ayude a satisfacer las crecientes demandas energéticas.

Chile no ha estado ajeno a la implicancia del problema energético mundial. El hecho de no contar con los recursos naturales suficientes para autoabastecerse en materia de combustibles, ha desencadenado una serie de movimientos que propone una u otra forma de disminuir la dependencia energética del país. Aunque sin claridad aún sobre su implementación, se ha sugerido la energía nuclear como una opción, pero su alta inversión inicial, los riesgos de operación y las voces de

las corrientes ambientalistas que ven en esta energía una amenaza para el ecosistema, han dejado esta opción sin un camino claro. Por otro lado, la construcción de centrales hidroeléctricas tampoco ha estado ausente de polémicas, ya que aquí nuevamente se vulneraría la premisa actual del cuidado medio ambiental, manipulándose los recursos fluviales y provocando daños al entorno de la construcción. De acuerdo a la realidad del país y a las corrientes dominantes hoy por hoy, se aprecian las energías renovables como la forma más barata, limpia y consecuente con el ecosistema para producir energía, razones más que suficientes para analizar con detenimiento la implicancia de la masificación de éstas en la matriz energética de Chile.

Planteamiento del Problema

La energía es un concepto asociado a la capacidad de generar la transformación de algo. Si se enfoca en el ámbito de la vida diaria la mayor parte de las acciones pasan por el uso de la energía.

La energía puede tener diversos tipos, según sea su fuente, como lo son las energías no renovables que derivan de fuentes agotables como el petróleo, carbón o gas natural; y el otro tipo de energía que es llamada renovable dado que viene de fuentes inagotables como son el sol, el viento entre otras.

Como se indicó en un inicio, la vida se compone internamente por energía, ya que contribuye a la satisfacción de necesidades y mejora la calidad de vida; pero que sucede cuando las fuentes de la energía a la que se está acostumbrado comienza a agotar su disponibilidad o en el caso de Chile, no cuente en su territorio de las fuentes fósiles que son indispensables para la generación de ésta.

La realidad que muestra Chile es por decir lo menos crítica, el crecimiento desmesurado en el área industrial que genera una mayor producción y consumo está ocasionando graves e irreparables daños al medioambiente, y en el peor de los casos el agotamiento de algunos recursos, esto unido a las estadísticas de crecimiento de la economía ha denotado un crecimiento de un 5,6% con estimaciones de llegar a tasas similares para los siguientes años, lo que aumentará considerablemente la demanda de energía.

La distribución de la demanda de energía eléctrica tiene distintos tipos de ejes siendo los principales el sector Minero que utiliza un 34,3% seguido por el sector Industrial con 23,7% y también el sector llamado Residencial con 14,3%.

Según el Compendio Energético de Chile 2011:

“...Con respecto a la disponibilidad de energéticos, el Balance de Energía de 2011 indicó que la dependencia aún supera el 60%, experimentándose una disminución sólo en las importaciones de carbón. El petróleo, principal energético requerido en el país, continúa con un porcentaje de importación

de 99%. El gas natural continúa restringido, mientras que los nuevos energéticos incorporados, el biogás y la energía eólica, no logran concentrar en forma conjunta el 0,1% de la oferta de energía primaria (Revista Electricidad 2012, pág. 15).

En efecto, 2010 fue considerado como el año más seco desde que existen registros pluviométricos en el país. Esto determinó que la generación termoeléctrica en el SIC (Sistema Interconectado Central) superará por primera vez a la hidroeléctrica, al producir un 50,13% de la generación bruta total, mientras que la capacidad instalada en el país de este tipo alcanzó el 63%. Las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) incrementaron su capacidad en 32% entre 2009 y 2010, sin embargo, actualmente sólo constituyen un 3,6% de la capacidad instalada nacional...” (Revista Electricidad, 2011 pág. 15)

Estos lineamientos en su conjunto, con los cambios en los escenarios económicos tanto mundial como nacional, y las fuertes tendencias en lo que respecta a temas medioambientales y cómo los cambios climáticos inciden directamente en las sequías, efecto invernadero entre otros; hacen eco en el gobierno para el desarrollo de las llamadas Energías Renovables o Energías. Es así como se presenta el tema de discusión: “Energía Solar: Su relevancia para la diversificación de la matriz energética chilena”

Objetivos

Objetivo General

Establecer el aporte de la energía solar en la diversificación de la matriz energética en Chile, en el ámbito industrial y residencial.

Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades energéticas que existen en el país en el ámbito industrial y residencial.
- Identificar soluciones basadas en la energía solar para las necesidades energéticas del país.
- Enunciar los beneficios medioambientales de la energía solar.

A continuación se presenta un resumen de los contenidos de cada capítulo:

En el primer capítulo se abordan los temas elementales que se deben conocer para adentrarse en el área de la energía. Comenzando por una conceptualización básica sobre la energía y sus subtipos, luego enlazándola con el quehacer energético en Chile, en cuanto a la utilización de energías renovables y no renovables, sus costos económicos y medioambientales, la producción e importación y el gasto energético en el país, sumado a la ubicación geográfica de

las energías primarias y la producción de energías secundarias. Además, se informa sobre las alternativas existentes de captación de la energía solar y se indican cuáles son las entidades gubernamentales encargadas de la supervisión en materia de energía en Chile y el marco legislativo que la regula.

En el segundo capítulo se aborda la temática de captación y transformación de la energía solar. Iniciando con la energía solar térmica, sus usos, métodos de captación y de transformación, el marco legal regulatorio que la rige en Chile, elementos importantes a tener en cuenta en su implementación y las ventajas a largo y corto plazo de su empleo. Luego se plantea todo lo relacionado con la energía solar fotovoltaica, en cuanto a los sistemas utilizados en su aplicación y las ventajas observadas en cada uno de sus usos. Además, se dedica el final del apartado a mencionar las ventajas medioambientales, estratégicas y socioeconómicas de la utilización de la energía solar.

En el tercer capítulo se presentan experiencias chilenas en relación a energías no convencionales, que son aquellas en las cuales no se incurre en un consumo hasta el agotamiento de su fuente generadora. Entre estas fuentes de energías se pueden mencionar a la energía hidráulica proveniente de la fuerza motriz del agua, la energía solar capturada del sol y la eólica basada en la fuerza del viento. Se exponen los proyectos realizados en Chile, sus beneficios y se anexa la cartera de futuros proyectos chilenos en el área, para finalizar con un análisis de costos versus beneficios de este tipo de energías.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Energía

El concepto de energía tiene relación con el poder de poner en movimiento o transformar algo. En lo que concierne el presente estudio, es decir el económico, la energía hace referencia a un recurso natural y los elementos asociados o añadidos que permiten hacer un uso industrial del mismo.

1.1.1. La energía Solar

La energía solar es la energía producida en el Sol, como resultado de reacciones químicas originadas su núcleo. La intensidad de la energía disponible en la corteza de nuestro planeta tiene algunas variabilidades, debido a la absorción y a la dispersión de la radiación. La intensidad de esta energía depende de gran forma de la estación del año, horario y condiciones geográficas del terreno, esto sin considerar que la recepción y almacenaje de la energía solar van a variar dependiendo del tipo, calidad y orientación de los colectores solares utilizados.

1.1.1.2. Captura de la energía solar

La captura de este tipo de energía necesita de dispositivos llamados colectores solares, creados para recoger y en algunos casos concentrar la energía del sol. La energía, una vez almacenada, se utiliza para la generación de energía térmica

(como calentar agua) o para la generación de energía eléctrica. En los procesos térmicos, la energía funciona calentando ya sea en forma directa o indirecta, un líquido que luego se almacena o se distribuye. Existen múltiples formas de captar la energía solar, algunas de las cuales se detallan a continuación.

1.1.1.2.1. Colectores de placa plana

Utilizados en procesos de generación de energía térmica, los colectores de placa plana captan la radiación solar a través de placas de absorción, dentro de las cuales circula un líquido que a través de un sistema de almacenaje y de espirales calienta el agua (método indirecto). También existe el método directo, donde se omite el uso de un líquido que caliente el agua almacenada. En este caso, la misma agua que será utilizada en diversos procesos es la que circula por el colector, teniendo como punto desfavorable, que el agua con sus residuos salinos reduce la vida útil de los colectores.

Sin importar el método utilizado (directo o indirecto) los colectores de placa plana cuentan con placas transparentes que si bien permiten la entrada del sol, disminuyen la salida del calor producido por éste, haciendo más eficiente su uso.

1.1.1.2.2. Colectores de concentración

Existen aplicaciones donde la energía térmica alcanzada por un colector solar plano, no es suficiente. En este caso, pueden ser utilizados como “elevadores de la temperatura del agua”, para luego, desde el punto que se obtiene el máximo de energía térmica posible con estos paneles, seguir el proceso a través de energías convencionales. Otra alternativa a esto, son los colectores de concentración, los cuales son más complejos y costosos. Estos dispositivos captan y concentran la energía solar; son normalmente cóncavos y conectados a algún sistema que los haga moverse en la misma dirección que lo hace el sol, a fin de aumentar su eficiencia.

En este caso, el precio varía según la potencia generada por el colector. Teniendo como precio aproximado US\$2,5 por watt producido.

1.1.1.2.3. Análisis de Costo

A continuación se hará un análisis de costos de un colector completo por metro cuadrado. En este cuadro no está contemplada la mano de obra, debido a su posible costo cero por manufacturación propia. Cabe considerar además que los precios unitarios son netos¹.

¹ Precios en pesos chilenos.

COSTOS UNITARIOS				
Cantidad	Unidad	P/U	Material	Costo
24,5	m2	1.902	Tubo de cobre de 1/2 pulgada	46.593
1	Pza.	2.398	Bote de gas butano con boquilla	2.398
1	Pza.	552	Pasta para soldar	552
1	Pza.	4.325	Soldadura de estaño 50/50	4.325
1	m	261	Lija	261
2	Pza.	322	Coples cree de cobre de ½	644
2	Pza.	460	Reductor campana galvanizado	920
2	Pza.	384	Conexiones para agua	767
2	Pza.	138	Gusano galvanizado de 3/4 pulgadas de diámetro	276
4	Pza.	153	Abrazadera sin fin de ½	613
1	Pza.	115	Cinta teflón	115
10	m	92	Manguera negra	922
0,5	lt	3.343	Pintura de esmalte negro	1.672
1	Pza.	10.318	Vidrio de 6 mm x 122,5 cm x 85,5 cm	10.318
2	Pza.	460	Silicón especial altas temperaturas	920
1	Pza.	7.116	Tambor plástico de 120 litros de capacidad	7.116
1	Pza.	8.895	Tambor plástico de 200 litros de capacidad	8.895
1	Pza.	12.453	Bomba sumergible con 45 w de potencia	12.453
1	Pza.	10.674	Marco de lámina galvanizada de 122,5 cm. X 85,5 cm.	10.674
1	Pza.	2.846	Lámina de lata de 122,5 cm. x 85,5 cm	2.846
TOTAL				113.281

Tabla 1-1: Costos unitarios de Colectores solares.

Como información adicional, la capacidad generadora de la placa alcanza unos 100 litros de agua caliente diario, teniendo como período de recuperación de la inversión 2,6 años.

1.1.1.2.4. Hornos solares

Creados con finalidades más bien científicas, estos hornos son un claro ejemplo de los concentradores de alta temperatura. El mayor de ellos, se encuentra en Odeillo, correspondiente a la parte francesa de los Pirineos, el cual posee 9.600 reflectores con una superficie total de unos 1.900 m² para producir temperaturas de hasta 4.000 °C. Su mayor ventaja para la ciencia es que es un horno que alcanza altas temperaturas de una forma limpia, de modo que experimentos llevados a cabo no se verán contaminados con los gases y residuos que los combustibles tradicionales emanan a altas temperaturas.

1.1.1.3. Electricidad fotovoltaica

Las células solares hechas con obleas finas de silicio, como por ejemplo el usado en los calculadores duales, es decir, aquellas con funcionamiento a pilas o solar, convierten la radiación en electricidad de forma directa. Este mismo funcionamiento es llevado a cabo a través de células solares de mayor tamaño, lo que permite satisfacer mayores necesidades de energía.

1.1.1.4. Dispositivos de almacenamiento de energía solar

Aunque el calor emanado desde el sol se podría catalogar como constante, existen factores que condicionan que la llegada de ese calor a la faz de la tierra sea con mayor o menor intensidad. Los movimientos de rotación y traslación de la tierra, y factores climáticos como las nubes que se oponen en el recorrido de los rayos del sol, hacen que el abastecimiento e intensidad de esta energía sea intermitente. Con el objetivo de cubrir los períodos de baja recepción de este tipo de energía, existen dispositivos que almacenan el excedente de energía solar por determinado lapso de tiempo. Entre ellos se encuentran los acumuladores electrolíticos o baterías, los que almacenan el dicho excedente producido por dispositivos, tanto eólicos como fotovoltaicos. Estos acumuladores son similares a los usados en automóviles, aunque difieren en sus capacidades eléctricas, como el voltaje.

1.1.1.5. La Energía Solar en Chile

En este ámbito, el norte de Chile tiene una posición geográfica privilegiada. Esta extensión del país, cuenta con los niveles de radiación solar más alto del mundo, por lo que no es extraño que sea aquí donde se han desarrollado proyectos de energía solar, específicamente en lugares donde la electricidad tradicional es de difícil acceso.

Aunque el costo inicial de la instalación de paneles fotovoltaicos no deja de ser significativo, su operación sencilla, baja necesidad de mantención y ahorro en el consumo eléctrico tradicional lo hace una alternativa valedera. Si bien su implementación es mayor en el norte de Chile y a nivel domiciliario, ésta tendencia poco a poco se ha ido revirtiendo, dando lugar a la instalación de sistemas solares en viviendas de todas las regiones del país y extendiéndose hasta el sector industrial, pero con fines disímiles de la energía eléctrica, como lo es el aprovechamiento de la energía solar para la obtención de agua caliente. Tomando en cuenta que ya se han dado a conocer las bases de la energía solar, a continuación se clasificarán algunos aspectos relacionados con el área energética.

1.2. Conceptos

1.2.1. Matriz Energética

Se entiende por matriz energética a la suma de todas las fuentes energéticas con las que dispone un territorio o país, para llevar a cabo los procesos productivos que lo sustentan. Dentro de ella, se clasifican en Energías Primarias y Secundarias, y así mismo se distingue entre Energías No Renovables y las Energías Renovables.

1.2.2. Energías Primarias

Corresponde a los recursos naturales disponibles para usos energéticos, sobre los cuales la mano del hombre no ha efectuado ningún tipo de proceso. Ejemplos de esta energía son la Energía Solar y el petróleo en estado primitivo.

1.2.3. Energías Secundarias

Corresponde a las energías que resultan de la conversión por medios físicos, químicos o cualquier otro medio, de una energía primaria.

1.2.4. Energías No Renovables

Se define como la energía de carácter limitado, que no tiene la capacidad para regenerarse ni ser regenerado. Dentro de esta clasificación tiene principal importancia el petróleo y sus derivados.

1.2.4.1. El Carbón

Combustible fósil, de origen vegetal. Diversos factores como cambios de temperatura y presión han provocado cambios químicos lo que ha dado lugar a la existencia de varios tipos de carbón. Usado desde la antigüedad como combustible, y parte fundamental de la producción eléctrica mundial, es

catalogado como uno de los principales causantes de la emisión de dióxido de carbono y por lo tanto del calentamiento global.

1.2.4.2. El Petróleo

También llamado “oro negro” es un combustible fósil de origen mineral constituido por una mezcla de hidrocarburos. Restos de organismos vegetales y acuáticos que quedaron depositados en las profundidades de la corteza terrestre en forma de sedimentos y que han sido comprimidos bajo tierra durante siglos, han dado lugar a la mezcla de hidrocarburos (principalmente hidrógeno y carbono) componentes del petróleo. Aunque es un actor de relevancia en la generación eléctrica mundial y en los medios de transporte, el alza significativa en sus costos y el hecho de aportar al efecto invernadero, han contribuido a hacer aún más grande y urgente la necesidad de encontrar sustitutos a sus prestaciones.

1.2.4.3. El Gas Natural

Depositados en forma natural en el subsuelo de la tierra, es una mezcla de gases combustibles, aunque sus concentraciones difieren de un yacimiento a otro, el principal componente del gas natural es el metano y en menor proporción los gases de etano, propano y butano. Contribuye, al igual que el carbón y petróleo, a la generación eléctrica y a la producción de dióxido de carbono.

1.2.4.4. Energía Nuclear

Es quizás el tipo de energía que más polémica levanta. Obtenida a través del proceso de Fisión Nuclear (división de núcleos atómicos pesados) o bien por Fusión Nuclear (unión de núcleos atómicos muy livianos), de algunos elementos químicos como el Uranio, Plutonio, Estroncio o Polonio, tiene la característica de liberar una gran cantidad de energía, lo que la hace muy eficiente en este aspecto. Como contraparte, el combustible para generar energía nuclear es de por sí escaso, y siempre están sobre el tapete temas sobre la seguridad de las operaciones nucleares y que hacer con los desechos radioactivos, los que siguen siendo peligrosos y contaminando la tierra aún años después de su desuso.

1.2.5. Energías Renovables

Se llaman Energías Renovables a aquellas fuentes de energía que, luego de sufrir un proceso de transformación y cumplir con su finalidad de generación energética, no han sufrido una disminución en su disponibilidad o bien tienen la capacidad de regenerarse o ser regeneradas. Aunque no se distribuyen en forma uniforme por todo el planeta, debido entre otros factores a la ubicación geográfica de cada territorio, tienen como característica su abundancia y su menor impacto en el medio ambiente. Dentro de ellas se incluyen: Energía Solar, Energía Eólica, Energía Hidráulica, Energía Mareomotriz (de las Mareas), Energía Undimotriz (de las Olas), Energía de la Biomasa, Energía Geotérmica. A su vez esta se

subdividen en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables No Convencionales, como también en Energías Renovables No Contaminantes y Energías Renovables Contaminantes.

1.2.5.1. Energías Renovables Convencionales

Subdivisión de las Energías Renovables. Se compone de las energías renovables que presentan un gran desarrollo tecnológico para su explotación, y que han logrado un alto grado de participación en el mercado energético, produciendo hoy por hoy energía en forma relevante. Su ejemplo más común es la Energía Hidráulica.

1.2.5.2. Energías Renovables No Convencionales

Al contrario de las Energías Renovables Convencionales, este tipo de energías tiene un menor grado de desarrollo tecnológico, y aunque en algunos países su uso es más común, presentan por lo general un bajo nivel de penetración y aprovechamiento de la energía potencialmente obtenible desde ella. Dentro de ellas se encuentran las energías Solar, Eólica, Mareomotriz, Undimotriz, de la Biomasa y Geotérmica.

1.2.5.3. Energías Renovables Contaminantes

Al contrario de las Energías Renovables No Contaminantes este tipo de energía genera en su proceso de transformación partículas contaminantes para el medio ambiente, como por ejemplo dióxido de carbono, metano o gases de efecto invernadero, o bien causa un impacto medioambiental fuerte en los sitios donde es explotada. Un ejemplo de este tipo de energía es la biomasa, la cual libera dióxido de carbono.

1.2.5.3.1. Energía Hidráulica

Clasificación 1: Convencional

Clasificación 2: Contaminante 2

La Energía Hidráulica es la que se obtiene a través de la energía producida por la corriente de ríos o saltos de agua. Su forma de presentación más relevante y la que determina su clasificación de convencional y contaminante, es en forma de centrales hidroeléctricas, donde el medio ambiente es intervenido en forma agresiva. En este tipo de centrales, el torrente de agua se retiene a través de un embalse, el que tiene por objetivo poder manejar la velocidad con que el agua cae y así colocar el movimiento turbinas que a su vez, mueven el rotor de un generador eléctrico. A pesar de ser una energía renovable, su utilización no está exenta de polémicas. El hecho de la construcción de embalses supone la mayor

de las veces el desvío de los cauces de los ríos, dañando la flora y fauna de éste, causando inundaciones, cambios climáticos, produciendo gases invernadero por la descomposición de la biomasa que quedó sumergida y eliminando o disminuyendo el abastecimiento de agua a los habitantes que se encuentren más abajo del punto de la construcción de la central.

1.2.5.4. Energías Renovables No Contaminantes

Subdivisión de las Energías Renovables. Tipo de energía renovable, que en su proceso de generación es respetuosa con el medio ambiente, a través de la reducida emisión de partículas contaminantes y del reducido o escaso impacto medioambiental que provocan. En esta clasificación se encuentran las energías Solar, Eólica, Mareomotriz y Undimotriz.

1.2.5.4.1. Energía Eólica

Clasificación 1: No convencional.

Clasificación 2: No contaminante.

La Energía Eólica es aquella que se genera a través del viento, aunque es también una forma indirecta de energía solar, ya que éste es el culpable de las diferencias de temperatura que provocan el viento. A grandes rasgos, el viento mueve aspas de un generador de turbina de viento (molino), el cual va conectado

a un alternador, el que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Aprovecha en buena forma la energía del viento, y asume poco a poco una alta relevancia en el campo de la generación eléctrica. A pesar de estar clasificada como Energía no Contaminante, los reparos que se pueden plantear sobre su utilización, son los daños estéticos causados por los parques eólicos, el ruido producido por la rotación de sus aspas, así como también el daño a las aves que pueden ser alcanzadas por las hélices de los molinos.

1.2.5.4.1.1. Parques Eólicos

Conjunto de molinos, generador de turbina de viento o aerogeneradores que se concentran en una zona física determinada con el propósito de aprovechar el viento y a través de él, producir energía.

1.2.5.4.2. Energía Mareomotriz:

Clasificación 1: No Convencional

Clasificación 2: No Contaminante

La energía mareomotriz es la resultante del movimiento de las mareas, las que al igual que la energía hidroeléctrica, se intercalan turbinas que captan el movimiento de las mareas para que produzcan energía eléctrica a través de un generador. Su desarrollo está orientado a la construcción de centrales eléctricas mareomotrices

en lugares donde el daño a la flora, fauna y población humana sea mínimo, ya que su construcción en lugares distintos al señalado precedentemente, tiene el riesgo de generar al igual que los embalses, daños al ecosistema. Su uso aún no está masificado por lo que su aporte actual a la generación de energía es bajo, esto en gran parte porque los proyectos realizados sobre ella han tenido malos resultados a nivel ambiental.

1.2.5.4.3. Energía Undimotriz:

Clasificación 1: No Convencional

Clasificación 2: No Contaminante

A diferencia de la energía mareomotriz, la energía undimotriz busca obtener el máximo provecho del movimiento vertical de las olas para captar energía, siendo su proceso de generación similar al de la mareomotriz. Su uso está menos masificado que la Energía Mareomotriz.

1.2.5.4.4. Energía de la Biomasa:

Clasificación 1: No Convencional

Clasificación 2: No Contaminante

La Energía de la Biomasa se obtiene a través del procesamiento o quema de materia orgánica renovable, como corteza de árboles, leña, aserrín, papeles, cartones y residuos agrícolas. Busca la producción de biocombustibles, como biodiesel o biogás, en reemplazo de los combustibles fósiles. Su riesgo de contaminación es bajo y estaría dado más por un accidente en su proceso, más que por el proceso en sí de la transformación energética.

1.2.5.4.5. Energía Geotérmica:

Clasificación 1: No Convencional

Clasificación 2: No Contaminante

La Energía Geotérmica es aquella encontrada al interior de la corteza terrestre, y que busca generar energía utilizando el calor interno de la tierra. Esta energía puede principalmente ser transformada en energía eléctrica, mediante un proceso de inyección de agua a los lugares donde exista el calor apropiado, agua que una vez convertida en vapor genera el movimiento de las turbinas y la posterior generación a través de un alternador. Una de las mayores limitantes de ésta energía es la dificultad de ser trasladada. Otro uso es la generación térmica, utilizando como medio de calefacción indirecta el agua inyectada en la corteza terrestre. Aunque su riesgo de contaminación es bajo, existen las implicancias de producir ácido sulfhídrico, dióxido de carbono o contaminación por químicos como arsénico y amoníaco.

1.3. Entes Reguladores del Sistema Energético en Chile

1.3.1 Comisión Nacional de Energía (CNE)²

La Comisión Nacional de Energía (CNE) es un organismo público y descentralizado, cuya función principal es elaborar y coordinar los planes, políticas y normas necesarias para el buen funcionamiento y desarrollo del sector energético del país, además de velar por el cumplimiento de todas las materias relacionadas con la energía, tanto en su producción y uso como en la promoción del uso eficiente de ésta.

1.3.2. Ministerio de Minería

Posee competencias en la definición de políticas, planes y normas en materia de hidrocarburos, energía nuclear y geotermia.

1.3.3. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

En materia eléctrica, dicta los decretos de precios de los servicios, otorga concesiones, determina los sistemas de transporte de la energía y racionamientos, entre otras materias.

² Información extraída de <http://www.minenergia.cl/ministerio/objetivos-y-funciones.html>

1.3.4. Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)³

Es un servicio público descentralizado cuya función es fiscalizar y supervigilar el cumplimiento de las normas legales, reglamentarias y técnicas sobre combustibles líquidos, gas y electricidad. Está sometido a la súper vigilancia del Ministerio de Economía.

1.3.5. Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT)⁴

Como se manifiesta en su página web, La CDT es una Corporación de derecho privado creada por la Cámara Chilena de la Construcción en 1989, cuya misión actual es promover la innovación y desarrollo tecnológico de las empresas del sector construcción mediante cuatro áreas de desarrollo o servicio: Difusión Tecnológica, Estudios Sectoriales, Coordinación de Grupos de Interés Tecnológico y Transferencia Tecnológica.

³ Información extraída de <http://centralenergia.cl/uploads/2009/10/Proyecto-de-ley-Crea-Ministerio-de-Energ%c3%ada.pdf>

⁴ Información extraída de <http://proyecto.cdt.cl/index.php/s5-no-moomenu-mainmenu-28>

1.3.6. Marco Regulatorio y Legislativo

1.3.6.1. Sistema eléctrico:

El sistema eléctrico chileno se caracteriza por ser un sistema en el que las actividades de generación, transmisión y distribución de electricidad dependen de las empresas privadas. El Estado ejerce funciones de regulación, fiscalización y orientación de inversiones en generación y transmisión, esencialmente a través de la CNE y la SEC.

Existen en Chile cuatro sistemas eléctricos independientes: el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), el Sistema Interconectado Central (SIC), el Sistema de Aysén y el Sistema de Magallanes. Hasta el año 2004 no se realizó una distinción en la legislación del sector eléctrico chileno para las ERNC. La legislación del sector eléctrico relacionada con el uso ERNC ha evolucionado en diversas formas, las cuales eléctrica serán mostrada en la siguiente figura:

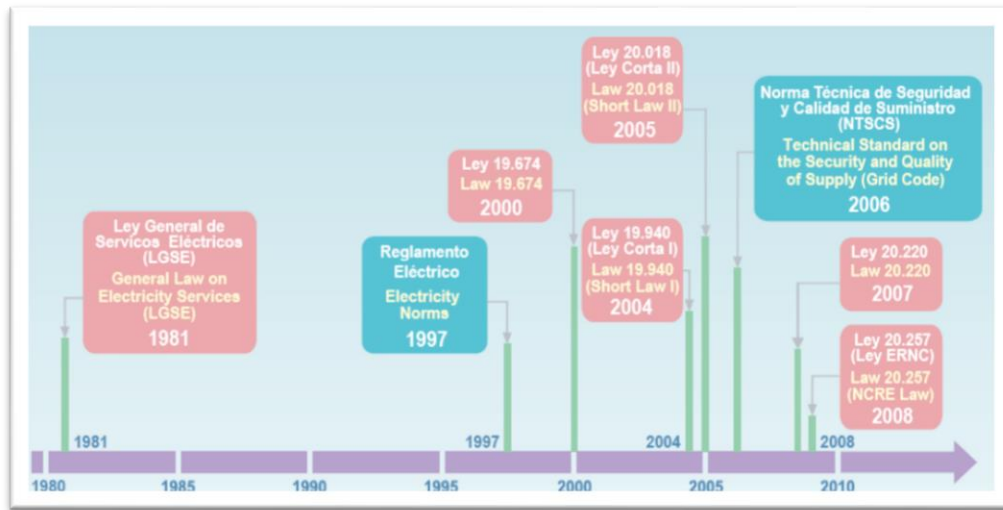


Figura 1-1: Evolución legislativa del sector eléctrico (Fuente: CNE y GTZ).

1.3.6.2. Energía Solar Térmica en Chile⁵

• Decreto con Fuerza de Ley No 4, Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE)

El cuerpo legal que regula la actividad del sector eléctrico es actualmente el Decreto con Fuerza Ley (DFL) N° 4 promulgado en 2006. Esta Ley tiene su origen en el DFL N° 1 el cual fue modificado en el año 2004 y posteriormente en el año 2005 con la promulgación de las Leyes 19.940 y 20.018, denominadas también, Ley Corta I y Ley Corta II respectivamente.

⁵ Extraído de http://www.cne.cl/archivos_bajar/DFL_N4.pdf

El DFL N° 4 regula la producción, transporte, distribución, concesiones y tarifas de energía eléctrica. Este cuerpo legal incluye el régimen de concesiones, servidumbres, precios, condiciones de calidad y seguridad de instalaciones, maquinarias e instrumentos y las relaciones de las empresas con el Estado y los particulares.

• **Ley 19.940 (Ley Corta I)**

Fue promulgada por el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción y fue publicada en el Diario Oficial del 13 de marzo de 2004. Los objetivos centrales de la Ley Corta I, de marzo de 2004, están orientados a garantizar a los consumidores mayores niveles de seguridad y calidad de suministro a precios razonables y dotar al sector eléctrico de un marco reglamentario moderno y eficiente que otorgue la certidumbre y estabilidad necesaria en las reglas del juego a un sector estratégico para el desarrollo del país.

Además, se mejoran considerablemente las condiciones para el desarrollo de proyectos de pequeñas centrales de energía no convencional, principalmente Energías renovables, por medio de la apertura de los mercados eléctricos a este tipo de centrales, del establecimiento del derecho a evacuar su energía a través de los sistemas de distribución y de la posible exención del pago de peajes por el uso del sistema de transmisión troncal.

- **Ley 20.018 (Ley Corta II)**

La Ley corta II, de mayo de 2005, surge debido a la incertidumbre respecto a la disponibilidad del gas natural argentino, lo que dificultaría estimar niveles de precios futuros y niveles de ingresos por ventas de energía.

- **Ley 20.257 (Ley ERNC)**

La Ley 20.257 fue promulgada el 1 de abril de 2008 y modifica la LGSE respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de ERNC. En ella se establece que las empresas eléctricas que comercializan energía en los sistemas eléctricos con capacidad instalada superior a 200 MW están obligadas a acreditar anualmente, que un porcentaje del total de la energía que comercializan haya sido inyectada a los sistemas eléctricos por medios de generación renovables no convencionales, sean estos propios o contratados. Este porcentaje es un 5% durante los años 2010 y 2014. A partir del 2015 la obligación se incrementa gradualmente, en 0,5% anual, hasta llegar al 10% en el año 2024.

- **Ley 20.220 Para Resguardar la Seguridad del Suministro a los Clientes Regulados y la Suficiencia de los Sistemas Eléctricos**

Promulgada el 14 de septiembre de 2007, modifica la LGSE respecto del resguardo de la seguridad de suministro a los clientes regulados y la suficiencia de

los sistemas eléctricos. Considera situaciones de juicios por término de contratos y quiebra de empresas.

Cogeneración

Las instalaciones de cogeneración están normadas por las leyes expuestas en el reglamento eléctrico de 1997. En relación a este tipo de instalación y a su calidad de generador, es decir, cuando hace entrega del sistema de los excedentes de energía no se hace distinción en el reglamento respecto a los generadores convencionales.

Junto con lo anterior, los cogeneradores pueden integrar un Centro de Despacho Económico de Carga (DEC), y por ende, comercializan su energía, solamente en el caso de poseer una capacidad generadora superior a 9 MW.

El punto comentado anteriormente limita la entrada de éstos al sistema, debido a que la mayor parte de los potenciales cogeneradores se encuentran en el rango de 0,1 – 5 MW.

Geotermia:

Esta energía viene regulada por la Ley de Concesiones Geotérmicas (Ley 19.657 del 2000) y una posterior modificación. La Ley de Concesiones Geotérmicas establece que la energía geotérmica es un bien del Estado susceptible de explorarse y explotarse por medio de una concesión administrativa.

Solar térmica de baja temperatura:

- **Ley 20.365 que “Establece franquicia tributaria respecto de sistemas solares térmicos**

El objetivo de esta Ley es crear las condiciones necesarias para el desarrollo del mercado de los sistemas solares térmicos para el agua caliente sanitaria (ACS) en viviendas de nueva construcción, mediante un instrumento de subsidio fiscal.

1.4. Introducción a la Matriz Energética de Chile.

Considerando que ya se encuentra definido el concepto de Matriz Energética, en la presente entrega se expondrá en detalle la composición de ésta, con datos recolectados y actualizados al año 2011

1.4.1. Matriz Energética de las Energías Primarias

Teniendo en cuenta la definición del concepto energías primarias y según datos de la Comisión Nacional de Energía, en Chile esta matriz está compuesta de la siguiente forma:

- Petróleo Crudo
- Gas Natural
- Carbón

- Hidroelectricidad
- Leñas y otros

1.4.1.1. Producción de las Energías Primarias en Chile

A continuación se dará a conocer la distribución de la Matriz Energética Primaria, la cual es expresada en primer lugar en TeraCalorías, unidad de medida que permite unificar un criterio de medición de aporte energético de cada uno de los recursos. Luego, esta misma matriz será presentada de acuerdo a los volúmenes de producción observados durante el año 2011.

1.4.1.2 Producción y Consumo de las Energías Primarias en Chile (TeraCalorías*)

BALANCE ENERGÍA PRIMARIA					
[TeraCalorías]					
Año 2011					
	Producción Bruta	Importación	Exportación	Var. Stock+ Perd y Cierre	Consumo
ENERGÉTICO					
Petróleo Crudo	2.491	92.348	0	-851	95.691
Gas Natural	14.773	36.963	0	1.550	50.185
Carbón	2.583	57.189	0	2.288	57.485

Hidroelectricidad	17.785	0	0	150	17.635
Eólica	290	0	0	0	290
Leña y Derivados	54.464	0	0	0	54.464
Biogás	100	0	0	0	100
Total	92.486	186.501	0	3.137	275.850

Tabla 1-2: Encuestas a empresas del sector energía e industrias intensivas en consumo energético. Elaboración: Ministerio de Energía, Septiembre 2012.

1.4.1.3. Producción y Consumo de las Energías Primarias (Unidades Físicas)

BALANCE ENERGÍA PRIMARIA					
(Unidades Físicas)					
Año 2011					
	Producción Bruta	Importación	Exportación	Var. Stock+ Perd y Cierre	Consumo
ENERGÉTICO					
Petróleo Crudo [Mil m3]	277	9.946	0	-92	10.314
Gas Natural [Mill. m3]	1.581	3.957	0	166	5.373
Carbón [Mil Ton]	369	8.170	0	327	8.212
Hidroelectricidad	20.681	0	0	175	20.506

[GWh]					
Leña y Otros	15.561	0	0	0	15.561
[Mil Ton]					
Biogás	18	0	0	0	18
[Mill. m3]					
Petróleo Crudo	277	9.946	0	-92	10.314
[Mil m3]					

Tabla 1-3: Encuestas a empresas del sector energía e industrias intensivas en consumo energético. Elaboración: Ministerio de Energía, Septiembre 2012.

1.4.1.4. Localización geográfica de las energías primarias en Chile.

Toda zona geográfica tiene características propias: su suelo, clima, altitud. Estos factores, conjuntamente con la evolución que la tierra ha sufrido a lo largo de millones de años, determina que sean algunas y no todas las zonas de un determinado país en donde se desarrolle una actividad energética en particular.

En los siguientes casos se verá la preponderancia que tiene el extremo sur de Chile en la extracción de petróleo crudo y gas natural en comparación con el extremo norte del país, que ofrece mejores condiciones, por ejemplo, para la obtención de energía solar.

- **Petróleo Crudo**

Debido a que Chile no cuenta con grandes reservas de petróleo, se ve obligado a importar parte importante de este recurso para poder satisfacer su demanda interna. Las importaciones del crudo provienen principalmente desde Argentina, Brasil, Nigeria y Perú. Las reservas de mayor importancia del país se encuentran concentradas en la región de Magallanes. En esta zona existen pozos ubicados en tierra firme, (ya sea en el territorio continental o bien en la Isla Tierra del Fuego) y en plataformas de producción ubicadas mar adentro). Se contabilizan reservas aproximadas de 30 millones de barriles⁶.

- **Gas Natural**

Al igual que el petróleo crudo, Chile no logra autoabastecerse del gas natural que su demanda interna requiere, por que importa casi un 75% de su consumo desde Argentina. Sus mayores reservas probadas se concentran en la región de Magallanes, las que se estiman en 45.000 millones de metros cúbicos.

⁶ Un barril de petróleo equivale a 158,894 litros.

- **Carbón**

Es usado principalmente en forma estacionaria por las generadoras eléctricas cuando la actividad hidrológica no es suficiente para cumplir sus demandas energéticas. Otro uso del carbón es el industrial, como la industria cementera y azucarera. Principalmente es de procedencia importada, completando entre Canadá, Indonesia y Australia casi un 85% de la demanda interna chilena. El carbón térmico se extrae principalmente de la VII, X y XII Región y difiere del carbón común o doméstico en sus propiedades caloríficas. Las reservas se estiman en 155 millones de toneladas.

- **Hídricos**

Los recursos hídricos provenientes de la energía provocada por el paso de las aguas, se encuentran distribuidos en casi todo el país, a excepción de las regiones II y XII. Aun cuando los recursos hídricos potencialmente podrían alcanzar los 10.000 megawatts (Mw), sólo existe una capacidad instalada de 5.426 Mw. Como se explicó anteriormente su uso sugiere una intervención de significancia al ecosistema, por lo que su masificación ha sido resistida por movimientos ambientalistas.

- **Leña y Otros**

El clima desértico y la falta de precipitaciones de la zona norte de Chile, condiciona que el grueso de este recurso esté disponible sólo desde la IV región hacia el sur. Con un carácter de energía renovable, se espera que su consumo se mantenga constante en el tiempo, siempre y cuando se siga observando un criterio de explotación sustentable, reforestando los bosques que han sido objeto de talas.

Dentro del rubro “otros” se puede encontrar al Biogás, a la Energía Solar y la Energía Eólica. En el caso del Biogás, aun cuando ha sido explotado por ejemplo en vertederos, su explotación es marginal, por lo que su aporte no tiene hasta el instante una importancia significativa dentro de la matriz energética. Si bien la Energía Solar y Eólica se encuentran disponibles en gran parte del país, sólo en el último tiempo se han levantado como una alternativa real y viable a la diversificación de la matriz energética en Chile.

1.4.2. Producción de las Energías Secundarias en Chile

Dentro de las energías secundarias se distinguen los grupos de derivados de Petróleo, Gas Natural, y del Carbón.

A continuación se muestra en forma de tabla la relación entre el energético secundario, y sus fuentes secundarias:

Energético Fuente	Energético Secundario
Petróleo Crudo	Petróleos Combustibles, Alquitrán, Diesel, Gasolina 93, 95 y 97, Gasolina de Aviación, Kerosene de Aviación, Kerosene, Nafta, Gas licuado (GLP), Gas de refinería, Coque de petróleo (Petcoke)
Carbón mineral	Coque mineral, Gas Coque, Gas de Altos Hornos, Alquitrán
Gas natural	Metanol, Gas Licuado (GNL)
Petróleo Combustible, Diesel, Gas Natural, Carbón, Biomasa, Hídrico, Biogás, Eólica, Solar	Electricidad
Gas Licuado, Gas Natural	Gas de ciudad
Biomasa	Biogás

Tabla 1-4: Relación entre energético secundario, y su energético. Fuente Web Ministerio de Energía, s.f.

1.4.2.1 Producción y Consumo de las Energías Secundarias (Teracalorías)

Balance Energía Secundaria [TeraCalorías] Año 2011							
Energético	Producción Bruta	Importación	Export.	Var. Stock+ Perd y Cierre	Consumo Final	Consumo CTR	Consumo Total
Derivados de Petróleo	91.103	75.803	5.127	2.262	146.875	12.643	159.518
Petróleo Combustible	13.784	6.703	736	-412	18.796	1.368	20.164
Diesel	34.533	48.661	2.980	-1.637	71.594	10.256	81.850
Gasolina de Motor (*)	24.577	6.821	1.400	1.206	28.791	0	28.791
Kerosene	865	0	0	-492	1.357	0	1.357
Gas Licuado	8.486	9.215	2	2.191	14.550	957	15.508
Gasolina Aviación	62	0	8	10	44	0	44
Kerosene Aviación	6.265	3.746	0	1.975	8.035	0	8.035
Nafta	679	658	0	-3	1.339	0	1.339
Gas Refinería	1.853	0	0	-577	2.370	61	2.430
Electricidad	55.931	629	0	4.471	52.090	0	52.090
Carbón (**)	57.485	0	0	0	2.226	55.259	57.485
Coke	6.271	2.274	0	-364	4.311	4.597	8.908
Alquitrán (***)	177	0	0	0	177	0	177
Gas Corriente	1.274	0	0	44	1.230	0	1.230
Gas Alto Horno	1.489	0	0	282	1.207	0	1.207

Gas Natural (**)	50.185	0	0	0	14.947	35.239	50.185
Metanol	2.998	0	2.998	-101	101	0	101
Leña y Derivados	54.464	0	0	0	48.266	6.197	54.464
Biogás	100	0	0	0	0	100	100
Total	321.476	78.706	8.124	6.595	271.429	114.034	385.463

Tabla 1 -5: Producción y Consumo de las Energías Secundarias. Obtenido de Web del Ministerio de Energía, 2012.

Nota 1: El Consumo Final equivale a la suma de Producción Bruta e Importaciones menos las Exportaciones y Variación de Stocks Perdidas y Cierres para cada energético.

Nota 2: El Consumo Total equivale a la suma del Consumo Final y Consumo en Centros de Transformación (CTR)

1.4.3. Localización Geográfica de las Energías Secundarias en Chile

Al igual que en el caso de las energías primarias, razones geográficas y logísticas son las que determinan en qué lugar físico se llevaran a cabo las labores de conversión de las fuentes de energías primarias, para luego de su intervención ser convertidas en fuentes secundarias de energía.

1.4.3.1 Localización y producción de combustibles líquidos, a través del petróleo crudo.

De la refinación del petróleo crudo se pueden obtener varios tipos de energías de carácter secundario: petróleo diesel, gasolina en sus variados octanajes, gasolinas especiales para la industria aérea, kerosene doméstico, gas licuado, etc. En estos casos el petróleo crudo es tratado en refinerías que mediante procesos físicos y químicos, convierten el crudo en un derivado de él, o sea, una energía secundaria. Las principales refinerías son: Refinería de Petróleo de Con-Con, Petrox y ENAP Magallanes, ubicadas en la V, VIII, y XII regiones, respectivamente; las que en conjunto tienen una capacidad instalada de refinación que bordea los 34.300 metros cúbicos diarios.

1.4.3.2 Localización y generación de energía eléctrica, a través de energías presentes a la matriz primaria.

Debido a la particular geografía de Chile y a sus altos recursos fluviales, no es de extrañar que la principal fuente de energía eléctrica provenga de los recursos hídricos, dejando en un segundo lugar a los combustibles fósiles.

Como se expuso anteriormente, los recursos hídricos son de un alto potencial energético, debido a su bajo costo de operación y alta disponibilidad, pero su alto nivel de impacto ambiental genera lógicas reservas a nuevas instalaciones. Aun así, en condiciones normales de precipitaciones, aportan cerca del 70% de la electricidad demandada en forma interna.

Una variante a las hidroeléctricas son las termoeléctricas, que utilizan otras fuentes de combustibles, ya sean de la matriz de energías primarias como la leña, petróleo crudo, gas natural, carbón, o bien de la matriz energética secundaria, utilizando combustibles derivados del petróleo.

Las energías renovables y pertenecientes a la matriz principal (solar, eólica, biogás), también tienen la capacidad de generar energía eléctrica a través de diferentes procesos, pero estos procedimientos aún no se realizan en una forma masiva, luego no son de relevancia dentro de la matriz energética de Chile.

1.4.3.3. Ubicación de las Centrales Hidroeléctricas de Chile

Estas centrales serán detalladas en el anexo 1, ubicado al final del presente informe.

1.5. Carretera Eléctrica

A continuación se explicará este proyecto que pretende eliminar o atenuar la problemática de la transmisión de la energía en Chile; por éste motivo se darán a conocer los cuatro sistemas eléctricos que existen actualmente.

1.5.1. Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)⁷

El SING está constituido por el conjunto de centrales generadoras y líneas de transmisión interconectadas que abastecen los consumos eléctricos ubicados en las regiones XV, I y II del país.

Aproximadamente, el 90% del consumo del SING está compuesto por grandes clientes, mineros e industriales, tipificados en la normativa legal como clientes no sometidos a regulación de precios. El resto del consumo, está concentrado en las empresas de distribución que abastecen los clientes sometidos a regulación de precios.

⁷ La información expuesta desde aquí hasta el punto 1.5.4. fue obtenida de la página web www.minergia.cl

Operan el SING tres empresas de distribución de energía: EMELARI S.A. que abastece a la ciudad de Arica, ELIQSA S.A. que abastece a la ciudad de Iquique , y ELECDA S.A. que suministra la energía a las ciudades de Antofagasta, Calama y una parte del SIC, correspondiente a la zona de Tal Tal. En conjunto, estas tres empresas atienden a un total cercano a los 270.000 clientes.

1.5.2. Sistema Interconectado Central (SIC)

El SIC es el principal sistema eléctrico del país, entregando suministro eléctrico a más del 90% de la población del país. El SIC se extiende desde la ciudad de Taltal por el norte, hasta la isla grande de Chiloé por el sur. A diferencia del SING, el SIC abastece un consumo destinado mayoritariamente a clientes regulados (60% de total). Operan este sistema 28 empresas de distribución de energía.

1.5.3. Sistema de Aysén

El sistema de Aysén atiende el consumo eléctrico de la XI región. Opera en él una sola empresa, EDELAYSEN S.A., quien desarrolla las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

1.5.4. Sistema de Magallanes

El sistema de Magallanes está constituido por cuatro subsistemas eléctricos: Los sistemas de Punta Arenas, Puerto Natales, Puerto Williams y Puerto Porvenir, en la XII región, opera en este sistema una sola empresa, EDELMAG S.A., quien

desarrolla las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

1.5.5. Carretera eléctrica

Es un proyecto de ley que busca unir el Sistema interconectado del norte grande con el Sistema Interconectado Central, lo cual busca facilitar el desarrollo de capacidad de transmisión eléctrica con una mayor holgura. En la página web de Central Energética⁸, se establece “*que en el estudio de transmisión troncal (ETT) se definirán las líneas de utilidad pública, de entre las cuales el estado definirá las que pasen a integrar la llamada carretera eléctrica*”.

⁸ Información extraída de <http://www.centralenergia.cl/regulacion/proyectos-de-ley/>

**CAPÍTULO II: MATRIZ ENERGÉTICA Y
ENERGÍA SOLAR EN CHILE.
PROCESO DE CAPTACIÓN Y
TRANSFORMACIÓN**

2. Matriz energética y energía solar en Chile. Proceso de captación y transformación.

2.1. Proceso de captación y transformación de energía solar

Si se considera que la energía proveniente del sol, es la fuente de energía más prometedora y, por ende, desarrollada en los últimos tiempos, cabe identificar cuáles son los dispositivos que permiten la transformación de esta materia prima en un elemento utilizable por las personas. Uno de estos dispositivos son los paneles solares.

Los paneles solares son los encargados captar la radiación solar proveniente del sol. Esta energía solar captada por el panel es transformada en energía térmica o eléctrica, y almacenada para poder ser utilizada posteriormente para solventar las necesidades de las personas. Entonces los paneles solares transforman la energía del sol en energía útil. Los paneles solares pueden ser captadores solares térmicos o módulos fotovoltaicos.

2.2. La energía solar térmica

Una de las utilidades de la energía solar es captar la radiación solar, mediante los captadores solares, para calentar líquidos. Dado que los captadores solares son fabricados con materiales que permiten la absorción y transmisión de calor, los líquidos pueden ser calentados a una temperatura máxima de 90°C. Cabe mencionar que esta tecnología no solo permite calentar los fluidos, sino que

secundariamente, se utiliza el vapor de su calentamiento para generar energía eléctrica.

Otros de los usos de la energía solar térmica a nivel doméstico son para calefacción, para generar agua caliente sanitaria y para el calentamiento de agua para piscinas.

2.2.1. Usos de la energía solar térmica

2.2.1.1. Agua caliente sanitaria (A.C.S.)

Una de las principales necesidades de las personas es la generación de agua caliente sanitaria. Este tipo de agua se utiliza a una temperatura entre 40 y 50°C, temperatura que es fácil de conseguir con captadores solares planos, dado que con estos dispositivos el agua puede alcanzar una temperatura de 80°C. Desde la energía solar térmica es posible aumentar la temperatura del agua. Se puede mencionar que las necesidades que los captadores solares no son capaces de satisfacer, son solventadas mediante sistemas auxiliares, alimentados por otros tipos de energía, como la electricidad, el gas o el gasóleo.

2.2.1.2. Climatización de Piscinas

Para reducir los costos energéticos del uso de agua temperada en piscinas ya sean domésticas o en hoteles, se utiliza la climatización de piscinas mediante la energía solar captada con colectores solares.

2.2.1.3. Calefacción

Dado que en las calefacciones de suelo radiantes la temperatura de circulación del agua es menor a otros tipos de calefacción, es que su utilización e implementación es recomendable en estos casos.

2.2.2. Proceso de Transformación

El proceso de transformación de la radiación solar en energía térmica, se basa en la utilización de un equipo de captación, que contiene varios captadores solares. Éstos captadores se encargan de transmitir la energía calórica que captan del sol a los fluidos que hay en su interior.

Cabe mencionar, que algunos días es posible que la radiación solar no sea la suficiente como para producir la cantidad de energía térmica requerida por el usuario, por lo que junto al sistema de captadores se habilita un sistema de convencional, que garantiza la cantidad de energía térmica necesaria en momentos que existe una baja radiación, para viviendas unifamiliares existe un sistema llamado compacto que incluye ambos tipos de tecnología. La temperatura

normal de consumo asciende a los 45°C y de no ser logrado mediante la captación solar, este sistema convencional aporta el déficit de calentamiento para satisfacer la necesidad térmica.

La circulación libre o termosifón es el principio básico que rige este tipo de transformación de energía. El proceso que ocurre es el siguiente: Los rayos solares impactan en el captador y este transfiere el calor al líquido que contiene, elevando su temperatura. Este intercambio de energía produce una diferencia térmica entre los líquidos de la tubería de retorno y el captador, provocando una circulación del fluido caliente en dirección al termo acumulador. Este fluido caliente circula por la camisa exterior del termo acumulador, transfiriendo calor al agua en acumulación, elevando y manteniendo su temperatura. Este proceso aumenta gradualmente la temperatura del agua de acumulación a lo largo de las horas de sol de manera constante.

Las tomas, desde donde se extrae el agua cuando surge un requerimiento de agua caliente, están posicionadas en extremos opuestos del depósito. Dado que el agua caliente es más liviana que la fría, la toma de agua caliente se encuentra en la parte superior y la de agua fría en la parte inferior. Dentro del termo acumulador por el efecto anteriormente mencionado el agua acumulada no se enfría y se encuentra disponible para su uso en cualquier momento.

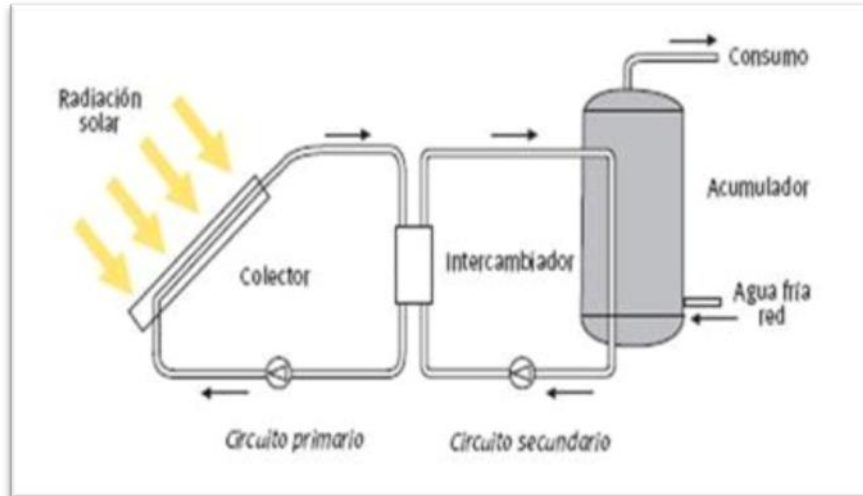


Figura 2-1: Esquema Básico de una instalación solar (Web Junta de Castilla y León, 2011).

2.2.3. Sistemas de Instalaciones térmicas:

Sistema de captación

Antes de profundizar este tema, es necesario dejar en claro cual es la función de este sistema, la que se puede resumir en transferir la energía del sol absorbida a los líquidos que están contenidos en la instalación, aumentando así su temperatura. Es por esta función, que el sistema se encuentra formado por captadores solares entre sí conectados.

Uno de los captadores más utilizados es el solar plano. Su difundido uso se cimienta en dos hechos. En primer lugar, los líquidos pueden aumentar su temperatura en 60°, la cual es aconsejada para diversas aplicaciones, como por ejemplo el uso de agua caliente sanitaria. En segundo lugar se destaca la

excelente relación costo-rendimiento, sin duda la característica más distintiva del presente sistema.

En cuanto a su estructura física, el captador está cubierto por una capa metálica de color negro, que impide la reflexión de los rayos solares. La placa está emplazada en una caja con cubierta de vidrio, en su interior se instala un sistema de tubos que tiene como objetivo transmitir el calor al fluido. El efecto producido es similar al de un invernadero, debido a la luz solar que atraviesa la placa de vidrio, calentando la placa ennegrecida. El vidrio deja pasar las ondas cortas solares, bloqueando la salida de la radiación térmica que emite la placa ennegrecida, que es de onda larga y como consecuencia la placa se calienta logrando transmitir el calor al líquido que circula por los tubos, como si fuese una trampa solar.

Por otra parte, los captadores no vidriados son recomendados para el calentamiento de agua para piscinas, ya que están compuestos por un gran número de tubos diminutos dispuestos en serpentín, por donde circula el agua. Destaca al respecto que el aumento de temperatura no es muy alto (en torno a los 30°) y las pérdidas de calor son altas, lo que hace limitar su aplicación a otro tipo de sistemas.

Finalmente, los captadores solares de vacío poseen tubos de metal que recubren el tubo metálico que contiene el fluido, dejando entre ambos una cámara que actúa como aislante. El rendimiento de este sistema de captación es tan elevado como su costo.

Sistema de acumulación

La función de este sistema consiste en almacenar la energía térmica para su posterior uso. Tiene en su poder uno o más depósitos de agua caliente. El tamaño de dichos depósitos deberá ser proporcional al consumo estimado, cubriendo la demanda de agua caliente por un lapso de uno o dos días.

Su funcionalidad se fundamenta en el hecho de que la demanda de agua caliente no siempre coincide con los períodos de mayor radiación, por lo que en aplicaciones como ACS o de calefacción es de gran importancia aprovechar al máximo las horas de sol, siendo necesario acumular la energía para aquellos momentos del día en que se requiera el agua caliente, independientemente de las posibilidades de captación solar.

Sistema de distribución

Este sistema incluye todos los elementos encargados del acondicionamiento y distribución al consumo propiamente tal, como lo son: el control, las tuberías y las conducciones, las bombas, los purgadores, válvulas y los vasos de expansión entre otros. Cabe mencionar que también forman parte de este ítem.

El sistema de apoyo basado en energías convencionales (eléctricos, caldera de gas o gasóleo), necesarios para prevenir las posibles faltas derivadas de la ausencia de insolación y hacer frente a los peaks de demanda.

2.2.4. Marco Regulatorio de la Energía térmica en Chile

Ley 20.365 y su Reglamento

Desde agosto del 2009, el sector de la energía solar térmica viene regulado por la Ley 20.365 que “Establece franquicia tributaria respecto de sistemas solares térmicos” y su Reglamento. Por este mismo motivo, a continuación se comentarán algunos aspectos importantes respecto a esta ley.⁹

Con esta nueva normativa las empresas constructoras tienen derecho a deducir, del monto de sus pagos provisionales obligatorios de la Ley sobre Impuesto a la Renta, un crédito equivalente a todo o parte del valor de los Sistemas Solares Térmicos y de su instalación.

Esta franquicia tributaria, en principio, es sólo aplicable a viviendas de nueva construcción, aunque la Ley, en uno de sus artículos, faculta al presidente de la República para que establezca un mecanismo destinado al financiamiento de SST y su instalación en viviendas sociales usadas.

⁹ La cual está disponible en http://www.sec.cl/sitioweb/transparencia_activa/julio2010/Ley_20365.pdf

La vigencia de este beneficio tributario comenzó 90 días después de la publicación del Reglamento y seguirá vigente hasta el 31 de diciembre de 2013. El importe del crédito varía proporcionalmente con el precio de la vivienda (se considera como precio de la vivienda el terreno y la construcción), año y tipo de instalación (individual o colectiva). La relación entre el importe del crédito, precio de la vivienda y año se describe a continuación:

- 100% totalidad del valor del respectivo SST y su instalación en inmuebles cuyo valor no exceda de 2.000 unidades de fomento. En cualquier caso, el beneficio no podrá superar los siguientes valores:

Unidades de fomento por vivienda	
Año	
2009	32,5
2010	32,0
2011	31,5
2012	31,0
2013	30,0

Tabla 2-2: Beneficio tributario máximo anual para vivienda individual. Fuente: Reglamento Ley

20.365

- 40% totalidad del valor del respectivo SST inmuebles cuyo valor sea superior a 2.000 unidades de fomento y no exceda de 3.000 unidades de fomento. En cualquier caso, el beneficio no podrá superar el 40% de los valores de la tabla anterior.

- 20% totalidad del valor del respectivo SST y su instalación en inmuebles cuyo valor sea superior a 3.000 unidades de fomento y no exceda de 4.500 unidades de fomento. En cualquier caso, el beneficio no podrá superar el 20% de los valores de la tabla anterior.

En el caso en que el SST sea utilizado por más de una vivienda, el beneficio máximo tributario a percibir anualmente dependerá de la superficie de los captadores instalados:

- Superficie menor de 80 m²:

Año	Unidades de fomento por vivienda
2009	29,5
2010	29,0
2011	28,0
2012	27,5
2013	26,5

Tabla 2- 3: Beneficio Tributario máximo anual para vivienda múltiple, superficie colectores < 80 m²

Fuente: Reglamento Ley 20.365

Beneficio tributario máximo anual para vivienda múltiple, superficie colectores < 80 m2 (Fuente: Reglamento Ley 20.365).

- Superficie mayor de 80 m2 y menor 120 m2 de:

$$B = (1 - (S - 80) / 40) * (a + b) + b$$

Donde “B” es el máximo beneficio antes señalado por cada unidad de vivienda, el que se expresa en unidades de fomento por vivienda, “S” es la superficie instalada de Colectores Solares Térmicos, expresada en metros cuadrados, “a” corresponde a los valores señalados para cada año de la tabla anterior, y “b” corresponde a los valores señalados para cada año de la siguiente tabla.

El Reglamento recoge la forma de cálculo de la superficie de los colectores de los SST.

- Superficie mayor de 120 m2 de:

Unidades de fomento por	
Año	vivienda
2009	26,0
2010	25,5
2011	24,5
2012	24,0

2013	23,5
-------------	------

Tabla 2-4: Beneficio tributario máximo anual para vivienda múltiple, superficie colectores > 120 m²

(Fuente: Reglamento Ley 20.365).

$$B = (1 - (S - 80) / 40) * (a - b) + b$$

Además, para que las empresas constructoras puedan beneficiarse de esta franquicia, los sistemas deben aportar un porcentaje mínimo, que depende de la zona geográfica en la que esté situada la vivienda, del promedio anual de la demanda de ACS estimada para la respectiva vivienda. Chile es un país, que debido a su distribución geográfica, tiene unas radiaciones solares muy variables según la región, alcanzando entre 1900 y 2200 kWh/m² por año en la zona norte del país, a los 900 – 100 kWh/m² por año en la zona más austral. En las zonas que presentan una mayor radiación solar, la contribución solar mínima de las instalaciones deberá alcanzar el 75% del total, siendo la contribución de un 30% en la zona sur del país:

Zona Climática	Radiación Solar	Contribución Solar
	Global	Mínima
	Media Anual (H)	
	[KWh/m ² año]	[%]
A	148 ≤ H	75
B	1701 ≤ H < 1948	66
C	1454 ≤ H < 1701	57
D	1208 ≤ H < 1454	48
E	961 ≤ H < 1208	39
F	961 < H	30

Tabla 2-5: Contribución solar mínima para cada zona climática Fuente: Reglamento Ley 20.365

Otro requisito es que los equipos o bienes del SST deben ser nuevos y no deben haberse instalado con anterioridad en otros inmuebles. Con el fin de que se cumplan las exigencias técnicas, la Ley prevé, la creación de laboratorios de ensayo y empresas certificadoras que serán acreditadas a través del Instituto Nacional de Normalización (INN). Además la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) realizará el control de los productos en el comercio, atenderá reclamos y sancionará el incumplimiento de la norma vigente.

Los importadores o fabricantes de colectores deberían solicitar a la empresa certificadora, la certificación de sus productos. De esta forma se garantizará que

las instalaciones, objeto de este beneficio tributario, cumplan con las especificaciones recogidas en el Reglamento.

Los constructores e inmobiliarias deben cumplir con una serie de obligaciones:

- Al momento de obtener la recepción municipal, la empresa constructora debe presentar una declaración jurada sobre el tipo de colector y depósito acumulador instalados, y una segunda declaración jurada en la que se asegura que el sistema es capaz de generar el porcentaje mínimo de demanda promedio anual de ACS.
- La empresa inmobiliaria debe responder, durante el plazo de 5 años, por fallas en el SST instalado.
- La empresa inmobiliaria, debe solventar, durante el primer año, la inspección del SST a solicitud del propietario.

Algunos de los requerimientos técnicos más importantes definidos en el Reglamento son:

- Deberán poseer circuitos primarios y secundarios separados.
- El diseño y dimensionamiento del sistema deberá realizarse por algún programa de software que considere una lista de variables.

- Se deberá usar mezcla anticongelante en el circuito primario en lugares donde exista riesgo de heladas.
- Diseño debe considerar el sobrecalentamiento y funcionar en condiciones de no consumo de agua y alta radiación.

2.2.5. Ventajas de la energía solar térmica

- Cuentan con una tecnología plenamente madura.
- Elevada versatilidad: se puede adaptar a gran variedad de requerimientos.
- Son sistemas sencillos y fáciles de instalar.
- Los costos de operación y mantenimiento son muy reducidos, por tanto aunque la inversión pueda ser importante, éste es el único gasto significativo en los 25- 30 años de vida media de la instalación.
- Constituye una fuente de ahorro al reducirse el tiempo de funcionamiento de las instalaciones convencionales de apoyo que es necesario mantener.

2.3. La energía solar fotovoltaica

El fundamento de este tipo de energía es el efecto fotoeléctrico o fotovoltaico, que consiste en la transformación de la luz en electricidad. Este proceso es posible con algunos materiales que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir

electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

Esto se permite gracias a las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El principal material para su fabricación suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula, genera de manera automática una corriente eléctrica que se suele utilizar como fuente de energía.

Como se mencionó anteriormente, las células fotovoltaicas están fabricadas con silicio, material semiconductor utilizado mayormente en electrónica. Para las células fotovoltaicas, la rejilla semiconductor recibe un tratamiento químico para formar un campo eléctrico, teniendo lados positivo como negativo. Cuando la luz solar incide en la célula, los electrones son desplazados del material semiconductor. Si se ponen conductores eléctricos tanto del lado positivo como del negativo de la rejilla, formando un circuito eléctrico, los electrones pueden ser capturados en forma de electricidad.

La electricidad producida puede ser utilizada para suministrar energía a una carga, como por ejemplo, encender una ampolleta. La unión de varias células conectadas eléctricamente entre si y montadas en una estructura de apoyo o marco, se llama módulo fotovoltaico. Varios módulos pueden ser conectados unos con otros para formar un campo solar. Los módulos producen electricidad en corriente continua, teniendo como plus el poder ser conectados en serie o paralelo para conseguir el

voltaje que se requiera. La electricidad producida por los módulos se puede utilizar en diversos ámbitos, como por ejemplo la electrificación de lugares aislados de la red eléctrica (viviendas, sistemas de control remoto, telecomunicaciones, rótulos luminosos, farolas, embarcaciones, alarmas, entre otras.

Ventajas

- Son sistemas sencillos y fáciles de instalar.
- Elevada versatilidad: pueden situarse en casi cualquier lugar y en instalaciones de diferente tamaño.
- Instalaciones fácilmente modulables, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades.
- Una vez instalada tiene un costo energético nulo.
- Ingresos adicionales en el caso de las instalaciones conectadas a red.
- Mantenimiento y riesgo de avería muy bajo.
- Beneficios sociales, acerca al ciudadano al uso racional de la energía, generando hábitos de consumo más respetuosos con el medioambiente.
- Se trata de una tecnología en rápido desarrollo que tiende a reducir el costo y aumentar el rendimiento.

2.3.1. Electrificación de Sistemas Aislados

Los sistemas aislados sólo son útiles en términos de costo-beneficio para alimentar consumos en locaciones donde es imposible acceder a la red eléctrica por encontrarse en lugares demasiado alejados o donde resulta muy oneroso. Por lo anterior, es aconsejable el uso de este sistema en lugares que estén alejados a más de 2 km de la red eléctrica, como también si la conexión no es viable por motivos de paso por fincas, zona protegida, etc. En caso de disponer de red eléctrica, el uso de este tipo de electrificación no resulta ser rentable.

En el caso de utilización de este tipo de electrificación, la energía producida por los módulos pasa por un regulador de carga, la que se almacena en baterías también llamados acumuladores.

Estas baterías o acumuladores de energía son poseedoras de energía continua, las cuales son transformadas en corriente alterna, la cual tiene como objeto abastecer el consumo final. Como información adicional, se puede agregar que la capacidad de almacenamiento de energía de las baterías se denomina en amperios-hora (Ah) y la capacidad de regulación de carga en amperios (A). El consumo de energía se determina en vatios-hora (Wh) y la potencia necesaria en convertidor en vatios (W).

Los elementos que componen la instalación dependen directamente de la energía que se presupuesta consumir. Finalmente, éste sistema posee un grado de

autonomía, la cual se determina con la cantidad de días que se pueden abastecer los consumos sin que las baterías reciban carga, es decir que los módulos no reciban luz solar alguna.

2.3.2. Bombeo Solar Directo

Los sistemas de bombeo solar directo son ideales para sectores rurales, debido a las tareas diarias de aquel sector, como por ejemplo el abastecimiento de agua con fines ganaderos y riego de cultivos leñosos; suponiendo un gran ahorro y comodidad frente a la utilización de grupos electrógenos.

En este tipo de instalaciones, las bombas se adaptan a las necesidades reales de agua: más sol (radiación) = más necesidad de agua = más caudal de la bomba.

Existen dos opciones:

- Bombeo solar directo con variador de velocidad. La energía producida por los módulos es transformada por medio de un variador de velocidad para suministrar electricidad a la bomba.
- Bombeo solar directo sin variador de velocidad. También existen en el mercado bombas para sistemas solares que trabajan en corriente continua. En estos casos, el campo solar se conectaría directamente a la bomba o a través de algún dispositivo de control.

La cantidad de módulos que se necesitan para un bombeo viene determinada por la altura de elevación y el volumen que se necesite. También se deberá tener en cuenta la forma de distribución del agua, teniendo como variables la altura y el almacenamiento.

Ventajas

- Evita un costoso mantenimiento de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso.
- Elimina los costos ecológicos y estéticos de la instalación de líneas en esas condiciones.
- Contribuye a evitar el despoblamiento progresivo de determinadas zonas.
- Es una energía descentralizada que puede ser captada y utilizada en todo el territorio.

2.3.3. Conexión a Red

Los sistemas de conexión a red tienen como función inyectar la energía producida a la red eléctrica convencional, por lo cual deberá existir un contador para poder facturar a la compañía eléctrica la energía que se ha inyectado a su red. El sistema a diseñar dependerá directamente de la función de la superficie disponible y de la inversión que se quiera realizar. No está demás también aclarar que se debe celebrar un contrato de consumo con la compañía eléctrica.

Adicionalmente, en Chile dicha conexión está regulada por la ley 20.571, la cual establece la normativa vigente para la venta de la producción de las E.R.N.C.

2.4. Ventajas de utilizar la energía solar

La energía solar presenta las mismas ventajas que el resto de las energías renovables:

2.4.1. Ventajas Medioambientales

La energía solar contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂, no produce residuos de difícil tratamiento y constituye una fuente de energía inagotable.

Una instalación solar térmica en una vivienda unifamiliar con 2 m² de colectores solares puede evitar anualmente 1,5 t de CO₂. Por otro lado una instalación fotovoltaica de 5 kWp evitaría la emisión de 2,3 t de CO₂ al año.

2.4.2. Ventajas Estratégicas

Tanto la energía solar térmica como la fotovoltaica provienen de recursos nacionales, por lo tanto, evita la dependencia energética y económica exterior.

2.4.3. Ventajas Socioeconómicas

El desarrollo de la energía solar presenta el valor añadido de generar puestos de trabajo y permitir el desarrollo de tecnologías propias.

CAPÍTULO III: EXPERIENCIAS DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES EN CHILE

3. EXPERIENCIAS DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES EN CHILE

3.1. Proyectos de Energías Renovables en Chile

Diversificar la matriz energética nacional a través de la inclusión de energías renovables que permitan ampliar la sustentabilidad de la industria es el desafío que hoy en Chile se hace más latente.

Este desafío incluye la apertura de nuevos mercados en la implementación de energías limpias al país, lo que a su vez conlleva la introducción de mayores inversiones extranjeras, nuevas tecnologías y por otra parte desarrollo favorable al cuidado del medio ambiente.

Beneficios de las ERNC¹⁰

- Fuentes autóctonas que contribuyen a la diversificación y a disminuir la vulnerabilidad externa.
- Costos de generación estables. Independientes de costos derivados del petróleo. Contribuyen a disminuir la incertidumbre del precio al largo plazo de la energía.
- Suministro confiable en escalas temporales largas

¹⁰ Energías Renovables No Convencionales, beneficios extraídos del Ministerio de Energía.

- Menores plazos de maduración de construcción, a excepción de la geotermia.
- En términos Generales las ERNC son de menor impacto ambiental
- Pueden contribuir a diversificar los giros de negocios de diferentes actividades industriales y agropecuarias (usos de residuos en biomasa).
- Oportunidades para el desarrollo tecnológico.

3.2. Cartera ERNC

Los proyectos se detallan en anexo 2, presentado al final del presente documento.

3.3. Análisis costo-beneficio ERNC

El presente recuadro resume el aspecto costo-beneficio de las ERNC, proyectándose en el período 2013-2028. Dicho recuadro hace referencia a los aspectos más importantes que competen al estudio: Sistémicos, Macroeconómicos y Externalidades.

Como se puede apreciar, sólo en el ámbito sistémico las ERNC presentan desventajas para su implementación, aludiendo este déficit al elevado costo de inversión. Por otra parte, tanto en el aspecto macroeconómico como las externalidades, presentan una atractiva ventaja; considerando tanto el aumento

del empleo como el PIB, como la disminución de emisión de CO2 respectivamente.

Tipo de Impacto	Aspecto Evaluado	Descripción del Impacto	MMUS\$	
Sistémicos	-	VP Costo Inversión	✓ Aumenta el costo de inversión	-2.874
	+	VP Costo Combustible	✓ Reduce el consumo de combustibles fósiles	+2.031
	-	VP Costo operacional	✓ Aumenta levemente el costo operacional (no combustible)	-76
	+	“Shave Peak”	✓ Puede mejorar gestión de demanda / oferta	n.v.
	+	“Save Water”	✓ Puede reducir costos al ahorrar agua embalse	n.v.
	-	La suma de los impactos sistémicos representa un costo adicional para la generación de un valor presente de:		-919
Macro-económico	+	Generación de Empleo	✓ Genera 3.444 Empleos Directos adicionales ✓ Genera 4.325 Empleos Indirectos adicionales	n.v.
	+	VP Aporte al PIB	✓ Aporte directo al PIB en 1.503 MMUS\$ ✓ Aporte indirecto al PIB en 744 MUS\$	+2.246
	+	La suma de los impactos macroeconómicos representa un beneficio por su aporte al PIB, con valor presente de:		+2.246
Externalidades	+	VP Emisiones GEI	✓ Presenta la oportunidad de evitar la emisión de 83 millones de toneladas de CO2eq.	+272
	+	Emisiones Locales	✓ Reduce las emisiones futuras del sector equivalente a 9.000 toneladas de emisiones PM2.5	n.v.
	-	Uso de Suelo	Requiere una mayor superficies, equivalente a 7.641 ha	n.v.
	+	Consumo de Agua	Genera un ahorro en el consumo de agua de un 11% equivalente a 127 millones de m³ de agua	n.v.
	+	La suma de los impactos sobre las externalidades representa un beneficio por su reducción de emisiones GEI, con valor presente de:		+272
	+	El escenario ERNC, con la suma de todos impactos valorizados representa un beneficio para la economía del país, con valor presente de:		+1.600
	+	= Beneficio		
	-	= Costo		

Tabla 3-1: Resumen del valor de impactos netos escenario ERNC frente al escenario base

(Fuente: Acera)

CONCLUSIONES

La energía solar emerge hoy como una alternativa dentro de un escenario en que las energías tradicionales no son las únicas alternativas sustentables. Según lo sugieren estudios en el área, energías como el petróleo, carbón, gas e hidráulicas parecen saturar el medio ambiente, presentando una alta volatilidad en su precio y en relación a su stock a largo plazo, el panorama se torna incierto.

De esta manera, la presente investigación identifica el aporte de la energía solar en la diversificación de la matriz energética en Chile, tanto en el ámbito industrial como residencial.

En primera instancia, resultó necesario establecer las necesidades energéticas existentes en el país, mediante un diagnóstico a nivel industrial y residencial. Así se pudo observar que la matriz energética en Chile se sustenta de manera casi exclusiva de fuentes que resultan ser contaminantes por condición propia. Ejemplos claros de esto, son los índices de utilización de energías como el petróleo, carbón, leña y derivados y el gas natural. Por debajo queda la hidroelectricidad con 17.635, que a diferencia de las anteriores es una energía renovable pero también es contaminante y de alto impacto en el medio ambiente. En este marco, genera desconcierto que la energía solar siendo no convencional, renovable y no contaminante, no tenga impacto en la matriz energética chilena.

Además resulta inquietante considerar que el país utiliza como energías primordiales aquellas no es capaz de generar por sí mismo para dar respuesta a la demanda de su población. Datos como que el 75% del gas natural y el 85% del carbón deben ser necesariamente importados, son datos que resultan categóricos en tal sentido.

Considerando la información entregada hasta aquí es que resulta evidente una primera conclusión: es de vital importancia diversificar la matriz energética nacional, primero porque se sustenta en energías no renovables y contaminantes o renovables, como el agua, pero similar en lo contaminante; y segundo porque parece insostenible en el tiempo que la gran mayoría de las fuentes energéticas deban ser importadas.

En segunda instancia, luego de identificadas las necesidades energéticas, resultó interesante indagar sobre los tipos de producción y utilización de la energía solar en Chile, en todos sus niveles.

El uso de la energía solar emerge como una posibilidad real dentro del análisis para la satisfacción de las necesidades del país. Chile se emplaza con una ventaja estratégica en comparación a los demás países. Además, es un recurso presente en la mayor parte del territorio. Para ser más precisos, la energía solar está contenida en la radiación solar, la que captada por paneles solares, puede transformarse, de acuerdo al requerimiento, en energía térmica o eléctrica. En

consecuencia el tipo de panel solar puede ser un captador solar térmico o un módulo fotovoltaico dependiendo del tipo de energía que se requiera.

En cuanto a los captadores solares térmicos, hay diversos tipos según su utilización. Existe el que calienta agua en temperaturas no mayor a 90°C, con lo cual se produce vapor y con este vapor se hace girar un alternador para producir electricidad. Existe además el captador para la climatización de piscinas, también de baja temperatura. Y, finalmente, un captador para calefacción doméstica principalmente mediante el suelo radiante.

En tanto un módulo fotovoltaico tiene como funcionamiento interno el absorber de la radiación solar los fotones para transformarlos por medio del silicio en electrones. En este caso también existen diversos tipos.

Los usos anteriormente mencionados son los que se han desarrollado para explotar la energía solar y por tanto en el aporte a la diversificación de la matriz energética nacional. Conviene dejar en claro que su desarrollo es menor, que se instala principalmente en el nivel de lo doméstico, que la zona norte, por su ventaja estratégica, tiene algo más de desarrollo, pero que sin embargo debiera expandirse a las demás zonas del país. De igual modo, en el sector industrial se comienza a dar un uso para la obtención de agua caliente no así para la generación electricidad.

Una vez señalado el uso que se da actualmente a la energía solar en el país y en qué condiciones se presenta, en tercera instancia se establecieron los beneficios de aquel uso, enfatizando los beneficios medioambientales.

Los beneficios asociados a la instalación de captadores de energía térmica como los módulos fotovoltaicos implica el uso de una tecnología madura, de fácil instalación, de fácil mantención, de larga duración, de alta versatilidad para instalarse según diversas necesidades, de costos que al largo plazo se hacen ínfimos y terminan siendo un ahorro en términos del reemplazo de las energías convencionales que sí tienen un costo importante.

En términos económicos más generales, la energía solar contribuye la diversificación energética y a disminuir la vulnerabilidad externa; es de un costo estable, independiente del vaivén del valor del petróleo, contribuyendo a empujarse la incertidumbre del precio de la energía. Asimismo, es un suministro confiable en escalas temporales largas; puede contribuir a diversificar los giros de negocios de diferentes actividades industriales y agropecuarias; y, cómo no, es una oportunidad para el desarrollo tecnológico propio del país.

En relación al impacto en el medio ambiente, el beneficio del uso de esta energía se observa principalmente en que reduce las emisiones de CO₂, no produce residuos de difícil tratamiento y se constituye una fuente de energía inagotable.

Siguiendo estos pasos para levantar un análisis del uso de la energía solar queda claro la necesidad de su implementación. Dentro de un escenario de dependencia de la importación de fuentes de energías altamente contaminantes que hipotecan el futuro de nuestro medio ambiente, de altos costos para su desarrollo y en el consumo, resulta necesario indagar en energías que sean más sustentables para pensar en su reemplazo. En ello emerge la relevancia de la energía solar, la cual propone un avance importante en cuanto desarrollo tecnológico dispuesto para su despliegue.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Abella, M (2005). Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica. Ediciones S.A.P.T. Publicaciones Técnicas S.L.

Castro, M. (2004). Energía Solar Fotovoltaica. Editorial Censolar. España.

Convención Nacional de Energía (s.f.). Información extraída de la página web www.cne.cl

Comisión Nacional de Energía (2007). Ley general de servicios eléctricos en materia de energía eléctrica. Ministerio de Economía, Chile. Extraído de http://www.cne.cl/archivos_bajar/DFL_N4.pdf.

Corporación de Desarrollo Tecnológico. Cámara Chilena de la Construcción. Información extraída de la página web www.cdt.cl

Cusa, J. (2004). Energía Solar para viviendas. Editorial CEAC Técnico: Arquitectura. Barcelona, España.

Maxwell A., Finat C. & Alvarez, D. (2013). Beneficios económicos de las energías renovables no convencionales. Información extraída de la página web <http://www.acera.cl/wp-content/uploads/2013/09/Factsheet-Beneficios-Economicos-de-las-Energias-Renovables-No-Convencionales.pdf>

Ministerio de Economía del Gobierno de Chile. Información extraída de la página web www.economia.cl

Ministerio de energía del Gobierno de Chile (s.f.). Información extraída de la página web www.minergia.cl

Müller, E. (2000). Estudios paramétricos con simulaciones térmicas para viviendas con climatización pasiva en la zona central de Chile. 9º Congreso chileno de ingeniería mecánica. IV Congreso nacional de energía COCIM - CONAE 2000. Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile.

Palz, W. (1979). Electricidad solar: estudio económico de la energía solar. Editorial Blume. Barcelona, España.

Placco, C., Saravia, L. y Cadena, C. (2008). Colectores Solares para agua caliente. INENCO y UNSa-CONICET. Salta, Argentina. Extraído de http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf

Quadri, N. (2005). Energía solar: agua caliente, energía fotovoltaica, calefacción, energía eólica, refrigeración, biomasa. Editorial Alsina. Buenos Aires, Argentina.

Revista de Electricidad (s.f.). Información extraída de la página web www.revistaelectricidad.cl

Romero, M. (2009). Energía Solar Térmica. Ediciones CEAC. Barcelona, España.

Sardón, J. (coord.) (2003). Energías renovables para el desarrollo. Editorial Parainfo. Madrid, España.

Sarmiento, P. (1995). Energía Solar: aplicaciones e ingeniería. Ediciones Universitarias de Valparaíso de la Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile.

Sarmiento, P. (2007). Energía Solar en arquitectura y construcción. Ediciones TIL. Santiago de Chile.

Superintendencia de Electricidad y Combustibles (s.f.). Información extraída de la página web www.sec.cl

ANEXOS

Anexo 1:

I región

Central EECSA- EDELNOR S.A - Ubicación: Chapiquiña
Central EDELNOR S.A. - Ubicación: Cavancha

IV región

Central ENDESA - Ubicación: Los Molles

V región

Central HIDROELECTRICA G.VIEJA - Ubicación: Los Quilos
Central HIDROELECTRICA ACONCAGUA - Ubicación: Aconcagua
Central HIDROELECTRICA G.E SAUCE LOS ANDES - Ubicación: Sauce de Los Andes

Región Metropolitana

Central GENER - Ubicación: Alfalfal, Maitenes, Queltehues y El Volcán
Central E.E PUNTILLA S.A. - Ubicación: Puntilla
Central: Central SOC. CANAL DE MAIPO - Ubicación: Florida
Central CARBOMET ENERGIA S.A. - Ubicación: Carbomet
Central E.E. CAPULLO ENERGIA S. A. - Ubicación: Capullo

VI región

Central: Central ENDESA - Ubicación: Rapel, Sauzal y Sauzalito

VII región

Central COLBUN - Ubicación: Colbún, Machicura, San Ignacio
Central PEHUENCHE - Ubicación: Pehuenche, Curillenque, Loma Alta
Central ENDESA - Ubicación: Cipreses e Isla
Central IBENER - Ubicación: Mampil y Peuchen

VIII región

Central ENDESA - Ubicación: El Toro, Abanico, Antuco

Central PANGUE S.A. - Ubicación: Pangué

X región

Central PULLINQUE S.A. - Ubicación: Pullinque

Central PILMAIQUEN S.A. - Ubicación: Pilmaiquén

Central ENDESA - Ubicación: Canutillar

UBICACIÓN DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS EN CHILE

II región

Central Termoeléctrica Taltal

Ubicación: Taltal, II Región

Empresa Propietaria: ENDESA

Año Puesta en Servicio: 2000

III región

Central Termoeléctrica Guacolda

Ubicación: Huasco, III Región

Empresa Propietaria: GUACOLDA S.A.

Año Puesta en Servicio: 1995-1996

Central Termoeléctrica Diego de Almagro (Turbina Gas)

Ubicación: Diego de Almagro, III Región

Empresa Propietaria: ENDESA

Año Puesta en Servicio: 1981

Central Termoeléctrica Huasco (Turbina Gas)

Ubicación: Huasco, III Región

Empresa Propietaria: ENDESA

Año Puesta en Servicio: 1977-79

Central Termoeléctrica Huasco (Turbina Vapor)

Ubicación: Huasco, III Región

Empresa Propietaria: ENDESA

Año Puesta en Servicio: 1965

IV región

Central Termoeléctrica El Indio (Turbina Gas)

Ubicación: Sancarrón, IV Región

Empresa Propietaria: GENER S.A.

Año Puesta en Servicio: 1990

V región

Central Termoeléctrica Laguna Verde

Ubicación: Bahía Laguna Verde, V Región

Empresa Propietaria: GENER S.A.

Año Puesta en Servicio: 1939-49

Central Termoeléctrica Ventanas

Ubicación: Ventanas, V Región

Empresa Propietaria: GENER S.A.

Año Puesta en Servicio: 1964-77

VII región

Central Termoeléctrica Celco

Ubicación: Constitución, VII Región

Empresa Propietaria: ARAUCO GENERACIÓN S.A.

Año Puesta en Servicio: 1996

Central Termoeléctrica Constitución

Ubicación: Constitución, VII Región

Empresa Propietaria: ENERGÍA VERDE S.A.

Año Puesta en Servicio: 1995

VIII región

Central Termoeléctrica Arauco

Ubicación: Arauco, VIII Región

Empresa Propietaria: ARAUCO GENERACIÓN S.A.

Año Puesta en Servicio: 1996

Central Termoeléctrica Bocamina
Ubicación: Coronel, VIII Región
Empresa Propietaria: ENDESA
Año Puesta en Servicio: 1970

Central Termoeléctrica Laja
Ubicación: Laja, VIII Región
Empresa Propietaria: ENERGÍA VERDE S.A.
Año Puesta en Servicio: 1995

Central Termoeléctrica PetroPower
Ubicación: Hualpén, VIII Región
Empresa Propietaria: PETROPOWER S.A
Año Puesta en Servicio: 1998

X región

Central Termoeléctrica Antilhue (Turbina Gas)
Ubicación: Valdivia, X Región
Empresa Propietaria: ENDESA
Año Puesta en Servicio: 1999

Región Metropolitana

Central Termoeléctrica Renca
Ubicación: Renca, Región Metropolitana
Empresa Propietaria: GENER S.A.
Año Puesta en Servicio: 1962
Centrales de ciclo-combinado

Central Ciclo-Combinado Nehuenco
Ubicación: Quillota, V Región
Empresa Propietaria: COLBÚN S.A.
Año Puesta en Servicio: 1998

Central Ciclo-Combinado San Isidro
Ubicación: Quillota, V Región
Empresa Propietaria: San Isidro S.A.
Año Puesta en Servicio: 1998

Central Ciclo-Combinado Nueva Renca
 Ubicación: Santiago, XIII Región
 Empresa Propietaria: Sociedad Eléctrica Santiago S.A.
 Año Puesta en Servicio: 1997

Anexo 2:

Proyectos de Inversión Sector Biomasa

EMPRESA	PROYECTO	INVERSIÓN (US\$ Miles)	REGIÓN	COMUNA	TIPO DE ENERGÍA
CMPC Maderas	Planta Térmica en CMPC Maderas S.A.	9,60	O'Higgins	Mulchen	Eléctrica-Térmica
CBB Forestal S.A.	Cogeneración de Energía con Biomasa Vegetal	12,00	Bío Bío	San Pedro de la Paz	Eléctrica
KDM Energía S.A.	Ampliación Central Loma los Colorados I -KDM	15,00	Metropolitana	Til Til	Eléctrica
Masisa S.A.	Sistema de Cogeneración de Energía con Biomasa Vegetal	17,00	Bío Bío	Cabrero	Eléctrica
Compañía Papelera del Pacífico S.A.	Planta de Co-generación San Francisco de Mostazal	27,00	O'Higgins	Mostazal	Eléctrica - Térmica
Comasa S.A.	Proyecto Generación Energía Renovable Lautaro	42,00	Araucanía	Camino a la Colonia	Eléctrica
Papeles Norske Skog Bío Bío Limitada	Planta de cogeneración con Biomasa en Norske Skog Bío Bío	60,00	Bío Bío	San Pedro de la Paz	Eléctrica
Celulosa Arauco y Constitución S.A.	Planta de Cogeneración de Energía Eléctrica y Vapor con Biomasa en CFI Horcones	73,00	Bío Bío	Horcones	Eléctrica
CMPC Celulosa S.A	Eficiencia Energética con Incremento de Generación Eléctrica en Planta Santa Fe	120,00	Bío Bío	Nacimiento	Eléctrica

Aserraderos Arauco S.A.	Planta Térmica Cogeneración Viñales	132,00	Maule	Constitución	Eléctrica
Empresa Consorcio Santa Marta S.A.	Central ERNC Santa Marta	36,00	Metropolitana	Talagante	Eléctrica
Consortio Energético Nacional S.A., (CEN)	Central de Energía Renovable No Convencional (ERNC) Tagua Tagua	95,00	O'Higgins	Tagua Tagua	Eléctrica

Proyectos de Inversión Sector Eólico

EMPRESA	PROYECTO	INVERSIÓN (US\$ Miles)	REGIÓN	COMUNA	TIPO DE ENERGÍA
Empresa Eléctrica de Aysén S.A.	Ampliación Alto Baguales	4,3	Aysén	Puerto Aysén	Eléctrica
Seawind Sudamérica Ltda.	Parque Eólico Chome	15,0	Bío Bío	Hualpén	Eléctrica
Cristalerías Toro S.A.I.C.	Ampliación Parque Eólico Lebu	15,0	Bío Bío	Lebu	Eléctrica
Ener Renova S.A.	Parque Eólico Las Dichas	30,0	Valparaíso	Fundo La Cal, Las Dichas	Eléctrica
Enhol	Parque Eólicos Altos de Hualpén	40,0	Bío Bío	Hualpén	Eléctrica
Inversiones EW Ltda.	Inversiones EW Ltda.	47,0	Valparaíso	Valparaíso	Eléctrica
Seawind Sudamérica Ltda.	Proyecto Parque Eólica Hacienda Quijote	63,0	Coquimbo	Canela	Eléctrica
Barrick Chile Generación S.A.	Parque Eólico Punta Colorada	70,0	Coquimbo	Punta Colorada	Eléctrica
Bosques de Chiloé S.A.	Parque Eólico San Pedro	100,0	Los Lagos	San Pedro	Eléctrica
Ener Renova S.A.	Parque Eólico Collipulli	108,0	Araucanía	Collipulli	Eléctrica
Acciona Energía Chile S.A.	Proyecto Parque Señora Rosario	117,6	Atacama	Quebrada de Doña Inés	Eléctrica

				Chica	
Ener Renova S.A.	Parque Eólica La Cachina	123,0	Coquimbo	Los Vilos	Eléctrica
Eolic Partners Chile S.A.	Parque Eólica El Pacífico	144,0	Coquimbo	Ovalle	Eléctrica
Eolic Partners Chile S.A.	Parque Eólico La Gorgonia	152,0	Coquimbo	Punitaqui	Eléctrica
Ener-Renova	Parque Eólico Llanquihue	165,0	Los Lagos	Colegual	Eléctrica
Inversiones Bosquemar Limitada	Lebu Sur	224,0	Bío Bío	Arauco	Eléctrica
Seawind Sudamérica Ltda.	Proyecto Eólico Quillagua	230,0	Antofagasta	Antofagasta	Eléctrica
Acciona Energía Chile S.A.	Parque Eólica Punta Palmeras	230,0	Coquimbo	Canela	Eléctrica
Parque Eólico Valle de Los Vientos S.A.	Proyecto Parque Eólico Valle de los Vientos	230,0	Antofagasta	Calama	Eléctrica
Element Power Chile S.A.	Parque Eólico Arauco	235,0	Bío Bío	Arauco	Eléctrica
Ecopower	Parque Eólico Chiloé	235,0	Los Lagos	Mar Brava y Guapilacuy	Eléctrica
Pattern Chile Holdings Limitada	Parque Eólico El Arrayán	288,0	Coquimbo	El Arrayán	Eléctrica
Codelco	Granja Eólica Calama	700,0	Antofagasta	Calama	Eléctrica
Eólica Talinay S.A.	Parque Eólico Talinay	1.238,0	Coquimbo	Ovalle	Eléctrica
Andes Mainstream SpA	Parque Cuel	75,0	Bío Bío	Los Ángeles	Eléctrica
Eolic Partners Chile S.A.	Parque Eólico La Cebada	100,0	Coquimbo	Ovalle	Eléctrica
Servicios Eólicos S.A	Parque Eólico Llay Llay	108,0	Valparaíso	Llay Llay	Eléctrica
Té-Eólica	Parque Eólico Küref	150,0	Bío Bío	Arauco	Eléctrica
Endesa Eco	Parque Eólico Renaico	240,0	Araucanía	Reinaco	Eléctrica
E-CL	Parque Eólico Calama	280,0	Antofagasta	Calama	Eléctrica
Inversiones Bosquemar Limitada	Parque Eólico Lebu Segunda Etapa	347,0	Bío Bío	Lebu	Eléctrica

Ibereólica Cabo Leones I	Parque Eólico Cabo Los Leones	356,0	Atacama	Freirina	Eléctrica
Empresa AM Eólica Alto Loa S.p.A	Parque Eólico Ckani	500,0	Antofagasta	Calama	Eléctrica
AM Eólica Laguna Verde S.A.	Modificación Parque Eólico Laguna Verde	47,0	Valparaíso	Valparaíso	Eléctrica
Ingeniería Seawind Sudamérica Ltda.	Parque Eólico Raki	24,0	Bío Bío	Lebú	Eléctrica

Proyectos de Inversión Sector Hidráulica

EMPRESA	PROYECTO	INVERSIÓN (US\$ Miles)	REGIÓN	COMUNA	TIPO DE ENERGÍA
Colbún S.A.	Minicentral Hidroeléctrica Pando	1,07	Maule	Por Definir	Eléctrica
Hydrochile S.A	Modificación de Potencia Central San Andrés (31 MW)	3,00	O'Higgins	San Fernando	Eléctrica
Eléctrica Roblería	Central Hidroeléctrica Roblería	4,00	Maule	Roblería	Eléctrica
Colbún S.A.	Minicentral Hidroeléctrica Duao	4,00	Maule	Por Definir	Eléctrica
Sociedad Contractual Minera El Toqui	Ampliación Central Hidroeléctrica El Toqui	4,00	Aysén	Coyhaique	Eléctrica
Colbún S.A.	Minicentral Hidroeléctrica ODT	4,27	Maule	Por Definir	Eléctrica
Andes E&C Energy and Capital S.A.	Central Hidroeléctrica Mulchen	5,00	Bío Bío	Mulchen	Eléctrica
Enacon S. A.	Central de Pasada Tacura	5,20	Araucanía	Melipeuco	Eléctrica
Empresa Eléctrica La Flor S.A.	Central Hidroeléctrica de Paso La Flor	5,46	Los Lagos	Pulelfu	Eléctrica
Hidroeléctric	Central hidroeléctrica	5,50	Araucanía	Por Definir	Eléctrica

a Allipén S.A.	Allipén				
Generhom Ltda.	Central Hidroeléctrica Don Walterío	6,00	Los Ríos	Río Bueno	Eléctrica
Gestión de Proyectos Eléctricos S.A	Central Hidroeléctrica Río Huasco	7,52	Atacama	Río Huasco	Eléctrica
Idroenergía Chile Ltda/Hidroenergías S.A.	Mini Central Hidroeléctrica de Pasada El Callao	8,00	Los Lagos	Osorno	Eléctrica
Idroenergía Chile Ltda./Rupanco Sur S.A.	Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Nalcas	12,00	Los Lagos	Puerto Octay	Eléctrica
Mantex s.a.	Central Hidroeléctrica Cayucupil	12,00	Bío Bío	Cañete	Eléctrica
Generación Eléctrica	Central Hidroeléctrica Pulelfu	12,50	Los Lagos	Rupanco	Eléctrica
Central Hidroeléctrica Convento Viejo S.A.	Central Hidroeléctrica Convento Viejo	12,60	O'Higgins	Chimbarongo	Eléctrica
Agrícola Río Blanco S.A.	Central Hidroeléctrica Alto Cautín	13,20	Araucanía	Curacautín	Eléctrica
Mainco S.A.	Central Hidroeléctrica de Pasada Canal Bio-Bio Sur	14,00	Bío Bío	Mulchen	Eléctrica
Hidroeléctrica Ensenada S.A.	Proyecto Hidroeléctrico Ensenada-Río Blanco. Parte Nº 2	14,50	Los Lagos	Ensenada	Eléctrica
Idroenergía Chile Ltda/Hidroaustral S.A.	Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Blanco Rupanco	15,00	Los Lagos	Puerto Octay	Eléctrica
José Pedro Fuentes de la Sotta	Mini Central Hidroeléctrica El Canelo	16,50	Araucanía	Melipeuco	Eléctrica
Idroenergía Chile Ltda/Hidroaustral S.A.	Mini Centrales Hidroeléctricas de Pasada Palmar - Correntoso	20,00	Los Lagos	Puyehue	Eléctrica
Idroenergía Chile Ltda.	Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Negro	20,00	Los Lagos	Palena	Eléctrica
Enhól	Central Hidroeléctrica	22,00	Coquimbo	Vicuña	Eléctrica

	Balalita				
Empresa Eléctrica Florín S.A.	Aumento Potencia Modificación Central Hidroeléctrica Florín (ex Don Alejo)	22,00	Los Ríos	Futrono	Eléctrica
Ganadera y Forestal Carran Ltda.	Central Hidroeléctrica Chilcoco	22,25	Los Ríos	Lago Ranco	Eléctrica
Endesa Eco	Minicentral Hidroeléctrica Piruquina	24,00	Los Lagos	Andarivel	Eléctrica
Idroenergía Chile Ltda.	Central Hidroeléctrica de Pasada Río Blanco, Hornopiren	25,00	Los Lagos	Hualaihue	Eléctrica
Hydrochile S.A	Modificación de Potencia Central Hidroeléctrica El Paso (30 MW)	25,00	O'Higgins	San Fernando	Eléctrica
Enacon S. A.	Central de Pasada Carilafquén-Malalcahuello	28,00	Araucanía	Melipeuco	Eléctrica
Inversiones Hernborn Ltda	Hidroeléctrica Providencia	30,00	Maule	San Clemente	Eléctrica
Idroenergía Chile Ltda/Hidroaustral S.A.	Minicentral Hidroeléctrica de Pasada Casualidad	35,00	Los Ríos	Río Bueno	Eléctrica
Asociación Canal el Melado	Central Hidroeléctrica los Hierros	44,00	Maule	El Melado	Eléctrica
Idroenergía Chile Ltda./Hidroangol	Mini Central Hidroeléctrica Río Picoiquén	45,00	Araucanía	Angol	Eléctrica
Alberto Matthei e Hijos Ltda.	Modificaciones al diseño del proyecto MDL Central Hidroeléctrica Laja	50,00	Bío Bío	Concepción	Eléctrica
Asociación Canalistas de Zañartu (Coop. Charrúa)	Central Hidroeléctrica de Pasada Trupán	79,20	Bío Bío	Trupán	Eléctrica
Hydroventura Chile SPA	Minicentral Hidráulica Pasada Canal Melo	3,93	Bío Bío	Mulchen	Eléctrica
Eléctrica Río	Central Hidroeléctrica	10,00	Los Ríos	Río Bueno	Eléctrica

Isla S.A.	Río Isla				
Besalco Construcciones S.A.	Central hidroeléctrica Túnel Melado Obras de Generación y Transmisión	11,30	Maule	Colbún-Linares	Eléctrica
Maderas Tantauco S.A.	Hidroeléctrica de Pasada Collil	12,50	Los Lagos	Chonchi	Eléctrica
Casablanca Generación S.A.	Central Hidroeléctrica Las Mercedes	13,00	Metropolitana	Curacaví	Eléctrica
RP El Torrente Eléctrica S.A.	Proyecto Central Hidroeléctrica Pangui	20,80	Araucanía	Curarrehue	Eléctrica
RPI Chile Energías renovables S.A.	Modificación Central Hidroeléctrica Butamalal	28,00	Bío Bío	Arauco	Eléctrica
Hidrobonito S.A.	Conjunto Hidroeléctrico Bonito	30,00	Los Lagos	Puerto Octay	Eléctrica
eléctrica Puntilla S.A.	Minicentral de Pasada Itata	32,00	Bío Bío	Yungay	Eléctrica
Electro Austral Generación Limitada	Proyecto Hidroeléctrico Molinos de Agua	50,00	Bío Bío	Yungay	Eléctrica
Inversiones Baquedano Limitada	Pequeña Central Hidroeléctrica de Pasada Baquedano	56,30	Bío Bío	Tucapel	Eléctrica
Colbún S.A.	Central Hidroeléctrica La Mina	74,00	Maule	San Clemente	Eléctrica

Proyectos de Inversión Sector Solar

EMPRESA	PROYECTO	INVERSIÓN (US\$ Miles)	REGIÓN	COMUNA	TIPO DE ENERGÍA
Calama Solar 1 S.A.	Planta Solar Fotovoltaica Calama Solar 1	40,00	Antofagasta	Calama	Eléctrica
Calama Solar	Planta Solar		Antofagasta	Calama	Eléctrica

2 S.A.	Fotovoltaica Calama Solar 2	40,00			
Pozo Almonte Solar 2 S.A.	Planta Solar Fotovoltaica Pozo Almonte Solar 2	40,00	Tarapacá	Pozo Almonte	Eléctrica
Pozo Almonte Solar 1 S.A.	Planta Solar Fotovoltaica Pozo Almonte Solar 1	40,00	Tarapacá	Pozo Almonte	Eléctrica
Pozo Almonte Solar 3 S.A.	Planta Solar Fotovoltaica Pozo Almonte Solar 3	71,00	Tarapacá	Pozo Almonte	Eléctrica
Element Power Chile S.A.	Planta PV Lagunas	96,00	Tarapacá	Lagunas	Eléctrica
Element Power Chile S.A.	Planta Fotovoltaica Salar de Huasco	96,00	Tarapacá	Pica y La Tirana	Eléctrica
Atacama Solar S.A.	Parque Fotovoltaico Atacama Solar	773,00	Tarapacá	Matilla	Eléctrica
Minera El Tesoro	Planta Termo Solar para Calentamiento de Soluciones	14,00	Antofagasta	Sierra Gorda	Térmica
Fotovoltaica Sol del Norte	Huerta Solar Fotovoltaica 8 MW	32,00	Antofagasta	Antofagasta	Eléctrica
Element Power Chile S.A.	Planta Fotovoltaica San Pedro De Atacama II	103,00	Antofagasta	Calama	Eléctrica
Element Power Chile S.A.	Planta Fotovoltaica San Pedro De Atacama III	105,00	Antofagasta	Calama	Eléctrica
Element Power Chile S.A.	Complejo Solar PV Pica	228,00	Tarapacá	Pica	Eléctrica
Seltec Ing	Planta fotovoltaica Seltec ING Ltda.	20,00	Tarapacá	Pozo Almonte	Eléctrica
Solventus Chile Spa	Proyecto PV Dos Cruces	82,00	Arica	Arica	Eléctrica
Ventus Solaris	Central El Loa	296,00	Antofagasta	María Elena	Eléctrica

Proyectos de Inversión Sector Geotérmica

EMPRESA	PROYECTO	INVERSIÓN (US\$ Miles)	REGIÓN	COMUN A	TIPO DE ENERGÍA
Geotermia del Norte	Central Geotérmica Cerro Pabellón	180,00	Antofagasta	Ollagüe	Eléctrica

Principales Proyectos Energéticos 2008-2013*

SINBOLOGIA



Nombre	MW
Colihuari	44
Barriles Térmica	100
Barriles Eólica	2
Escondida	60
GNL Mejillones	
Kelar	500
Angamos	600
Andrino	150
Diego de Almagro	60
Gerdau Aza	60
Generadora del Pacífico	96
Barrancones	540
Totalal	50
Río Grande	3,97
Espino	100
Fareliones	800
Monte Redondo	76
El Peñón	90
Punta Colorada Eólica	32,6
Punta Colorada Térmica	20
Balaitia	10,94
La Paloma	4,5
Nogales	
Coimbo	60
Planta Valorización	
Campiche	270
GNL Quintero	
Quintero	240
Punta Curaumilla	9
RC Generación	790
Alto Maipo	531
Guayacán	10,4
Colihue	12,5
El Paso	26,84
Sn. Foo. De Mostazal Cogeneración	15
Sn. Foo. De Mostazal Térmica	24
Chacayes	106
Convento Viejo	14
Planta Teno	13,6
Los Robles	750
San Clemente	6
Laja	25-36
Los Guindos	
Horcones CFI	31
Santa Lidia	264
Carilafquén - Malacahuello	28
Tacura	5,2
Trapén	90
Palmar-Correntoso	13
Homopirén	18
Osorno	56,2
Casualidad	21,2
San Pedro	
Alto Baguales	4,2
Tehuélche	10,5
Río Cuervo	600
Lago Atravesado	11,5
Baker 1	660
Baker 2	360
Pascua 1	480
Pascua 2.1	770
Pascua 2.2	500
TOTAL	10.105,2



* Hidro Aysén contempla materializar sus centrales entre 2009 y 2017.
 Marzo 2008.
 Fuente: SEM, Revista Electricidad Interamericana.

