



UNIVERSIDAD DE VALPARAISO  
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas  
INGENIERIA COMERCIAL



# ANÁLISIS DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA COMO FUENTE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO A NIVEL DOMÉSTICO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL,  
CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS EN LA  
ADMINISTRACION DE EMPRESAS.

Tesis de Grado presentada por

**Mónica Guzmán Valdivia**

Profesor Guía Sr. Néstor Pérez Poll

Viña del Mar, 2010

# INDICE

---

<b>GLOSARIO DE ABREVIATURAS</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>7</b>

<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>ASPECTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES</b>	<b>9</b>

---

<b>1.1</b>	<b>FUENTES ENERGETICAS</b>	<b>9</b>
1.1.1	Energías Primarias	9
1.1.2	Energías Secundarias	9
1.1.3	Energías Renovables	9
1.1.3.1	Energía Renovable Convencional	10
1.1.3.2	Energía Renovable No Convencional	10
1.1.4	Energías No Renovables	11
<b>1.2</b>	<b>CONCEPTOS SOBRE ENERGÍA SOLAR</b>	<b>11</b>
1.2.1	Energía Solar	11
1.2.1.1	Sistemas Pasivos	12
1.2.1.2	Sistemas Activos	13
1.2.1.2.1	Sistemas Térmico	13
	• Energía Solar Térmica de Baja Temperatura	13
	• Energía Solar Térmica de Media Temperatura	14
	• Energía Solar Térmica de Alta Temperatura	14
1.2.1.2.2	Sistemas Fotovoltaicos	14
<b>1.3</b>	<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	<b>15</b>
<b>1.4</b>	<b>DESARROLLO SOSTENIBLE</b>	<b>15</b>

<b>CAPITULO II</b>	
<b>SITUACIÓN ENERGÉTICA EN CHILE</b>	<b>16</b>

---

<b>2.1</b>	<b>SITUACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO CHILENO</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>SITUACIÓN EN EL SECTOR DE GENERACIÓN ELÉCTRICA</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>CAPACIDAD EN ERNC EN CHILE</b>	<b>22</b>

<b>2.4 ACCIONES Y PROGRAMAS EN EL SECTOR DE LAS ERNC Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CHILE</b>	<b>24</b>
2.4.1. Energías Renovables	24
2.4.2 Eficiencia Energética	25
<b>CAPITULO III</b>	
<b>ENERGIA SOLAR</b>	<b>28</b>
<b>3.1. ENERGIA SOLAR MUNDIAL</b>	<b>28</b>
3.1.1. Energía Solar Fotovoltaica Mundial	28
3.1.2 Energía Solar Térmica Mundial	29
<b>3.2. REVISIÓN DE LOS ASPECTOS CLAVES EN LAS EXPERIENCIAS INTERNACIONALES</b>	<b>31</b>
3.2.1. Experiencia en España	31
3.2.1.1. Ayudas y Subvenciones para los proyectos de energía solar	31
1. Subvenciones y Ayudas Estatales	32
2. Subvenciones Autonómicas	35
3. Subvenciones Municipales	35
3.2.2. Experiencia en Alemania	35
<b>3.3 ENERGIA SOLAR EN CHILE</b>	<b>37</b>
3.3.1 LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA CHILENA	37
3.3.2 FTES ENERGÉTICAS DE PRODUCCIÓN DE ACS EN CHILE	38
3.3.2.1 INSTRUMENTOS DE FINANCIAMIENTO ESTATAL SST	40
• PARA VIVIENDA EXISTENTE	40
• PARA VIVIENDA NUEVA	41
3.3.2.2 SITUACIÓN SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS	42
<b>3.4 CAMBIO CLIMATICO MUNDIAL</b>	<b>44</b>
3.4.1 COMO ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMATICO	47
3.4.1.1 La CMNUCC	47
3.4.1.2 Protocolo de Kyoto	47

3.4.1.2.1 Implementación Conjunta	48
3.4.1.2.2 Comercio de Derechos de Emisión	49
3.4.1.2.3 Mecanismo de Desarrollo Limpio	50
3.4.1.2.4. COP15 EN COPENHAGUE	50
3.4.2 Oportunidades de mercado para proyectos de reducción gases efecto invernadero Chile	51
3.4.3. Objetivos Chile para el 2020	51
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>CALCULOS TÉCNICOS Y ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y COSTO EFICIENCIA</b>	<b>53</b>
<b>4.1. EVALUACION SOLAR</b>	<b>55</b>
4.1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS SISTEMA HIBRIDO SOLAR-GAS LICUADO	59
4.1.1.1 VENTAJAS ECONOMICAS	59
4.1.1.2 VENTAJAS SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL	60
4.1.2. DESVENTAJAS SISTEMA HIBRIDO SOLAR-GAS LICUADO	60
4.1.3. SUBVENCIONES VIABLES EN SST EN CHILE	61
<b>4.2. EVALUACION COSTO-EFICIENCIA</b>	<b>63</b>
4.2.1 SENSIBILIDAD PRECIO	66
<b>CONCLUSION</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO N°1: Feed-In Tariff en España y Alemania</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO N°2. Montos del Subsidio en UF por tramos del DS 255</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO N°3: Ley 20.365 Franquicia Tributaria respecto de SST</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO N°4. Emisiones y acumulaciones de Dióxido de Carbono</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO N°5. Cartera de proyectos MDL Chile desde año 2004</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO N°6. Ubicación y Descripción de la Vivienda</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO N°7. Ficha Técnica Junkers</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO N°8. Precios instalación colector solar para ACS y calefont</b>	<b>84</b>

## INDICE FIGURAS

<b>Figura N°1. Formas de Aprovechamiento Solar</b>	<b>12</b>
<b>Figura N°2. Funcionamiento Sistema Térmico de Baja Temperatura ACS</b>	<b>14</b>
<b>Figura N°3. Importaciones de Crudo por Origen año 2008</b>	<b>18</b>
<b>Figura N°4. Importación de Carbón por Origen año 2008</b>	<b>18</b>
<b>Figura N°5: Importación de Gas Natural por Origen año 2008</b>	<b>18</b>
<b>Figura N°6. Generación Eléctrica SIC + SING: 1996 – 2008</b>	<b>21</b>
<b>Figura N°7. Desarrollo Histórico de acumulativo Mundial energía fotovoltaica instalada por región</b>	<b>29</b>
<b>Figura N°8. Capacidad mundial instalada de los principales 10 países en sistemas solares térmicos de baja temperatura</b>	<b>30</b>
<b>Figura N°9. Desarrollo Hist. Global anual en mercado PV por región</b>	<b>32</b>
<b>Figura N°10. Evolución anual de superficie instalada</b>	<b>42</b>
<b>Figura N°11. Superficie de Colectores Solares Térmicos según sector año 2007 (m2,%)</b>	<b>42</b>
<b>Figura N°12. Origen Anual de Importación de Paneles Solares Térmicos (US\$)</b>	<b>43</b>
<b>Figura N°13. Representación de la variación mundial de emisiones de CO<sub>2</sub></b>	<b>45</b>
<b>Figura N°14. Evolución de emisiones de CO<sub>2</sub> Chile 1984-2003</b>	<b>46</b>
<b>Figura N°15. Objetivos año 2020 en Emisión GEI</b>	<b>52</b>
<b>Figura N°16. Grafico Demanda y Ahorros Energéticos para la vivienda</b>	<b>57</b>
<b>Figura N°17. Grafico Flujos CAE Solar-Calefont</b>	<b>65</b>
<b>Figura N°18. Grafico Ahorros en Costos Anuales Incrementales Solar y Calefont a tasa fija del 5% años 2000 al 2009</b>	<b>68</b>

**INDICE CUADROS**

<b>Cuadro N°1. Balance de Energía Primaria Chilena año 2008</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro N°2. Operación real por Sistema Eléctrico nacional per.2008</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro N°3. Contribución de ERNC al total nacional de Capacidad Instalada de Generación Eléctrica. (MW) Año 2008</b>	<b>23</b>
<b>Cuadro N°4. Radiaciones Solares diarias para las regiones del país</b>	<b>37</b>
<b>Cuadro N°5 .Gasto Mensual en Gas Licuado Promedio por Hogares Noviembre 2006-October 2007</b>	<b>39</b>
<b>Cuadro N°6. Gasto Mensual Gas Licuado Promedio por Hogar Por Grupo de Quintil de Hogares Noviembre 2006-October 2007</b>	<b>40</b>
<b>Cuadro N°7. Potencial máximo de demanda de colectores solares térmicos en Chile según sector</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro N°8. Temperatura y Radiación en la Vivienda</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro N°9. Cálculos Energéticos en ACS para la vivienda</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro N°10. Cálculos estimación PCI neto en kwh cilindros de gas licuados de 45 Kg.</b>	<b>58</b>
<b>Cuadro N°11. Sistema Hibrido Solar-Gas Licuado</b>	<b>58</b>
<b>Cuadro N°12. Subvención en Energía Térmica para la Vivienda Unifamiliar</b>	<b>62</b>
<b>Cuadro N°13. Evaluación Ahorros en Costos Anuales Incrementales Solar-Calefont</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro N°14. Evolución de Precios GLP 45 Kg en la Región Metropolitana</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro N° 15. Evaluación Ahorros en Costos Anuales Incrementales Solar y Calefont a tasa fija del 5% años 2000 al 2009</b>	<b>67</b>

---

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

---

- GLP=** Gas Licuado Petróleo
- ERNC=** Energía Renovable No Convencional
- CO<sub>2</sub>=** Dióxido de Carbono
- EE=** Eficiencia Energética
- CNE=** Comisión Nacional de Energía
- SING=** Sistema Interconectado del Norte Grande
- SIC=** Sistema Interconectado Central
- GW=** Gigawatt
- MW=** Megawatt
- KW=** Kilowatt
- Kcal=** Kilocalorias
- PPEE=** Programa Eficiencia Energética
- PV=** Solar Fotovoltaica
- IDAE=** Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético
- EEG=** Acta de Fuentes Energéticas Renovables
- ACS=** Agua Caliente Sanitaria
- SST=** Sistemas Solares Térmicos
- CDT=** Corporación de Desarrollo Tecnológico
- GEI=** Gases de Efecto Invernadero
- CMNUCC=** Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas
- PK=** Protocolo de Kyoto
- CER=** Certificados de Emisiones Reducidas
- MDL=** Mecanismos de Desarrollo Limpio
- FIT=** Feed-in tariff
- PCI=** Poder Calorífico Inferior
- J=** Julio o Joule
- VAC=** Valor Actual de Costos
- CAE=** Costo Anual Equivalente
- ENAP=** Empresa Nacional del Petróleo

---

# INTRODUCCIÓN

---

En el último tiempo, hemos sido espectadores de titulares tanto en la prensa escrita como hablada, y cada vez en forma más recurrente, de noticias relacionadas con la denominada crisis energética por la cual atraviesa nuestro país. Seguimos con atención y por cierto, preocupación, la evolución del precio internacional del petróleo, y rápidamente pensamos en los efectos que esta evolución tendrá en el precio de los combustibles y de los otros bienes y servicios, que de alguna manera se encuentran indexados en este bien, como son el gas, la electricidad y el transporte público. Y como si esto fuera poco, cada año quedamos expectantes a las condiciones hidrológicas que enfrentaremos, de tal modo de asegurar el suministro eléctrico para abastecer la demanda cada vez más creciente de energía eléctrica que requiere nuestra economía.

Adicionalmente, cada día nos familiarizamos más con los estudios que hablan sobre el calentamiento global de la tierra, acelerado por las emisiones de gases de efectos invernadero no naturales<sup>1</sup>, generados por la actividad humana.

El objetivo general del estudio será analizar las bondades de la energía solar como fuente energética de generación doméstica, y verificar el grado de desarrollo en Chile de la energía solar térmica, de tal forma de establecer si ésta pueda llegar a constituirse en una opción económicamente viable, para satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria de una casa habitación, contribuyendo así a satisfacer una parte de la demanda energética de los hogares del país.

En el capítulo I se explicará cuales son las diferentes fuentes energéticas existentes para llegar a conocer los conceptos más relevantes sobre energía solar.

---

<sup>1</sup> Dentro de los gases del efecto invernadero se pueden distinguir dos grupos principales: los "naturales" y los "artificiales" o no naturales. Es decir, los que ya existían antes de la llegada del Homo sapiens al planeta, y los que han sido fabricados por la industria humana.

Los objetivos específicos, se explicarán en el desarrollo de cada uno de los capítulos posteriores. En el capítulo II veremos como Chile depende de combustibles externos para satisfacer la demanda existente por energía. Además, como éstas repercuten en el medio ambiente. Todo lo anterior pretende ver la situación existente en nuestro país referente a la energía existente y a las posibilidades que pueden entregar las Energías Renovables no Convencionales como es la energía solar.

En el capítulo III, se conocerá la Energía Solar tanto a nivel mundial y local, se expondrán experiencias en el ámbito solar de países que lideran este tipo de energía. Además veremos cómo el Gobierno está incentivando este tipo de Energía, como una manera de ayudar a diversificar las fuentes energéticas en el país. Otro punto importante de mencionar es el tema del cambio climático, y los diferentes tratados y convenciones realizadas que se han creado para intentar reducir los Gases de Efecto Invernadero.

En el capítulo IV, se expondrán los cálculos técnicos y económicos, para ello se realizará una evaluación solar para una vivienda unifamiliar, se expondrán los costos reales que significa la instalación de colector solar para abastecimiento de agua caliente sanitaria. Veremos las diferencias en costos para las alternativas solar y convencional y como estas varían a distintas tasas de descuento, se expondrán los resultados de la Investigación llevada a cabo, de modo de exponer los beneficios a nivel domestico que implica la alternativa de instalación de Energía Solar Térmica en el hogar.

Finalmente, llegamos a la conclusión donde se expondrán las relevancias de la investigación llevada a cabo en aquellos temas respecto a energía solar y sus aplicaciones a nivel domestico.

---

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES

---

### 1.1 FUENTES ENERGÉTICAS

Las fuentes energéticas son los recursos o medios que tienen la cualidad de ser capaces de generar algún tipo de energía para poder ser consumida. Estas fuentes se pueden ordenar en: primarias, secundarias, renovables o no renovables.

#### 1.1.1 Energías Primarias

Son los recursos naturales que se encuentran disponibles de manera directa (como la energía hidráulica<sup>2</sup>, eólica<sup>3</sup> y solar) o indirecta (después de atravesar por un proceso minero, como por ejemplo el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, etc.) para utilizarla con fines energéticos sin necesidad de realizar un proceso de transformación.

#### 1.1.2 Energías Secundarias

Se les llama energías secundarias a los productos que resultan de la transformación o elaboración de recursos energéticos naturales primarios. Un ejemplo de fuentes energéticas secundarias de electricidad son todos los productos derivados del petróleo, el carbón mineral, y el gas manufacturado (o gas de ciudad); Petróleo Combustible, Diesel, Gasolinas de motor, Kerosene, Gas Licuado Petróleo (GLP), Gas de Refinería, Coque de Petróleo, Metanol, Coque, el Gas Coque, el Gas de Altos Hornos y el Alquitrán.

#### 1.1.3 Energías Renovables

Las energías renovables tienen su característica esencial en el hecho de que sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se

---

<sup>2</sup> Energía hidráulica o energía hídrica es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente de ríos, saltos de agua o mareas.

<sup>3</sup> Energía eólica es la energía obtenida del viento, o sea, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas

consumen ni se agotan en una escala humana. Entre ellas podemos encontrar; la energía hidráulica, la solar, la eólica y la mareomotriz<sup>4</sup>.

Características de estas energías primarias renovables son;

- Comportamiento cíclico (inagotables)
- Algunas son imposible de sustituir (sol, viento, biomasa<sup>5</sup> y el agua.)
- Su uso adecuado no contamina el medio ambiente.

Las energías renovables se suelen clasificar en convencionales y no convencionales, esto depende del grado de evolución de las tecnologías para su explotación y la penetración en los mercados energéticos que éstas presenten.

### 1.1.3.1 Energía Renovable Convencional

Se denomina así a todas las energías que son de uso frecuente en el mundo o que son las fuentes más comunes para producir energía eléctrica. La energía hidráulica, se clasifica como una fuente de energía renovable convencional, esto debido a su gran difusión y desarrollo a grandes escalas.

### 1.1.3.2 Energía Renovable No Convencional

Se refiere aquellas formas de producir energía que no son muy comunes en el mundo y cuyo uso es muy limitado, debido todavía a los costos para su producción y su difícil forma para captarlas y transformarlas en energía eléctrica.

En Chile se define como fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a la eólica, la pequeña hidroeléctrica<sup>6</sup>, la biomasa y el biogás, la geotermia, la solar y la mareomotriz.

---

<sup>4</sup> La energía mareomotriz se obtiene a través de las energías cinéticas y potencial de las mareas es decir, aprovecha la fuerza de las olas del mar de y de los cambios entre las mareas alta y baja que convierten su variación en energía eléctrica.

<sup>5</sup> Se conoce como biomasa energética al conjunto de materia orgánica, de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial.

<sup>6</sup> **Pequeña hidráulica:** Centrales hidroeléctricas < 20 MW. La energía hidráulica en pequeñas escalas se suele clasificar en esta categoría.

- **Biomasa y biogás:** Energía proveniente de materia orgánica vegetal o animal.
- **Geotermia:** Energía del calor natural de la tierra.

### 1.1.4 Energías No Renovables

Son fuentes de energía no renovables aquellas que se encuentran en forma limitada en nuestro planeta y una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, ya que no existe sistema de producción o extracción viable.

Son fuentes de energía no renovables:

- El Carbón
- El Petróleo
- El Gas Natural
- La Energía Nuclear<sup>7</sup>

## 1.2 CONCEPTOS SOBRE ENERGÍA SOLAR

### 1.2.1 Energía Solar

Recibe el nombre de energía solar aquella que proviene del aprovechamiento directo de la radiación del sol, y de la cual se obtiene calor y electricidad.

Dentro de las ventajas de la energía solar se encuentran:

- Independiente de combustibles fósiles y nucleares
- No se genera Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) por el funcionamiento, evitando el deterioro del clima
- Garantizado para los siguientes 4 mil millones de años
- Es abundante y gratuita
- No es contaminante, como el petróleo y el carbón.

La energía solar es un recurso energético de gran auge en los últimos tiempos, esto debido a que la cantidad de energía proveniente del sol permitiría cubrir con holgura las necesidades de energía que se requieren en la tierra, para lo cual se necesita realizar los siguientes procesos:

- Captación y concentración de la energía solar.
- Transformación para su utilización.

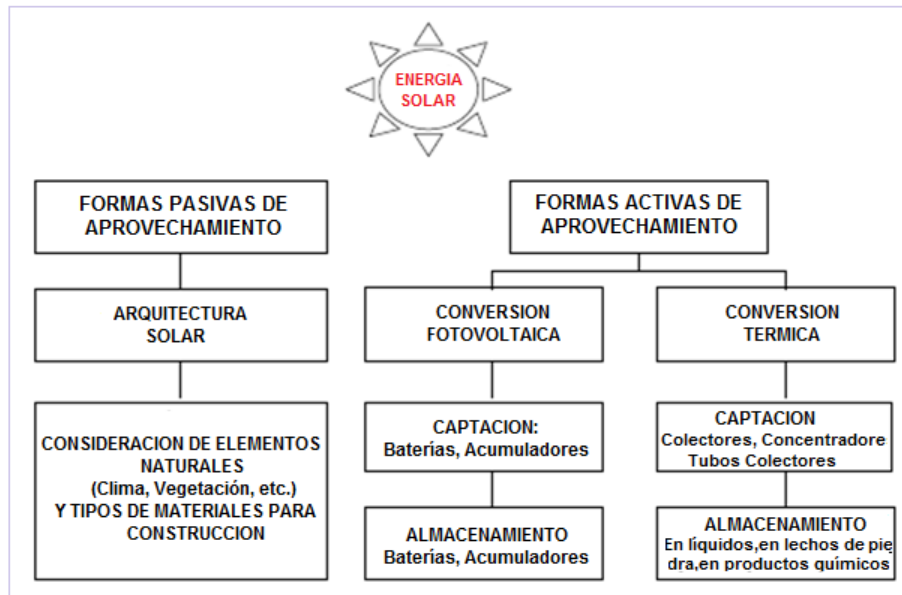
---

<sup>7</sup> La energía nuclear es aquella que se libera como resultado de una reacción nuclear. Se puede obtener por el proceso de Fisión Nuclear (división de núcleos atómicos pesados) o bien por Fusión Nuclear (unión de núcleos atómicos muy livianos). En Chile existen dos reactores nucleares experimentales, ambos administrados y operados por la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).

- Almacenamiento en función de la demanda.
- Transporte de la energía almacenada, para su utilización en los puntos de consumo deseados.

Los sistemas de captación, transformación y almacenamiento de energía pueden clasificarse según se indica a continuación.

**Figura N°1: Formas de Aprovechamiento Solar**



Fuente: Información extraída Departamento Industrias UTFSM

### 1.2.1.1 Sistemas Pasivos

Los sistemas pasivos se pueden definir como la utilización de la energía solar, generalmente en la construcción de edificios o viviendas, donde los sistemas de captación como de almacenamiento de energía solar se encuentran incorporados en distintos componentes de éstos, de tal forma que puedan satisfacer por sí mismos sus requerimientos energéticos, tanto de calefacción como de refrigeración, sin el consumo de energéticos convencionales o electricidad y no aplicando movimiento mecánico de fluidos o elementos.

Los sistemas pasivos se basan en un adecuado diseño arquitectónico, así como de la adecuada elección de los materiales constructivos, por tal motivo es llamada también Arquitectura Pasiva.

### 1.2.1.2 Sistemas Activos

La característica principal de un sistema activo es que utiliza un fluido de trabajo, que puede ser agua, aire, aceites o algún otro. Los componentes principales de un sistema activo son el Sistema Térmico y el Sistema Fotovoltaico:

#### 1.2.1.2.1 Sistemas Térmico

La energía solar térmica utiliza directamente la energía que se recibe del sol para calentar un fluido. El aprovechamiento térmico de la energía solar para calentar agua, incluyendo la requerida para calefacción, es posible gracias a los denominados colectores solares<sup>8</sup> de agua. Estos permiten calentar agua para el suministro de un hogar o edificio, y son utilizados en combinación con una fuente convencional, como el gas y petróleo, permitiendo ahorrar significativas cantidades de combustibles.

Atendiendo a la temperatura que puede obtenerse a la salida del sistema, las tecnologías solares térmicas pueden dividirse en tres rangos de temperatura:

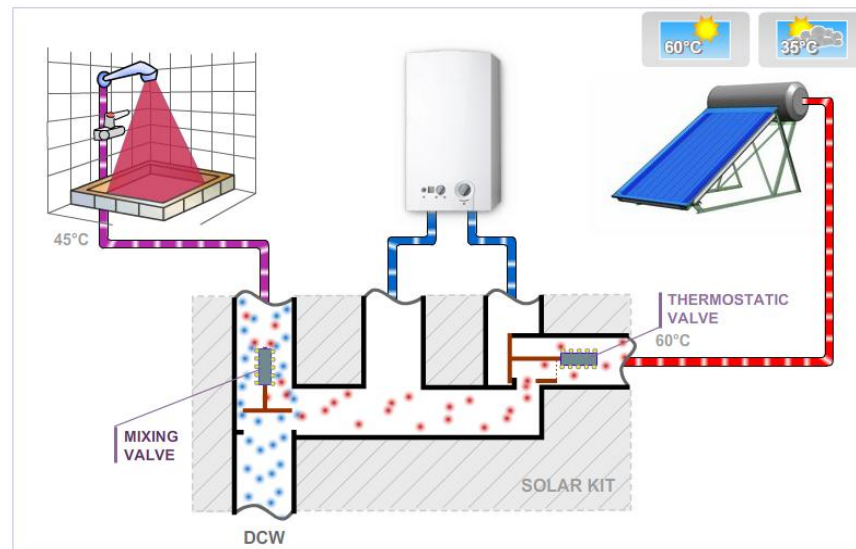
- **Energía Solar Térmica de Baja Temperatura:** permiten obtener temperaturas de salida de hasta 80°C. No suelen requerir que se concentre la radiación solar. Como el caso de los colectores planos con aplicaciones para producir ACS (Figura N°2) y apoyo a la calefacción de viviendas, ejemplos; ACS en polideportivos, calentamiento de agua de piscinas, secado solar (de maderas o productos agrícolas), etc.

---

<sup>8</sup> Se define por colector solar "como un dispositivo diseñado para absorber la radiación solar incidente sobre él y transferir la energía a un fluido que circula a través del mismo"

## Fig. N°2: Funcionamiento Sistema Térmico de Baja Temperatura ACS

Equipo solar doméstico termosifón<sup>9</sup> conectado a calentador a gas instantáneo.



Fuente: Información entregada por Secar Ltda. (Sistema Junkers)

- **Energía Solar Térmica de Media Temperatura:** tecnologías que permiten obtener temperaturas en el fluido de salida entre los 80°C y los 250°C. Tienen aplicaciones por ejemplo, en la producción de fluidos térmicos para procesos industriales, la desalinización de agua de mar y refrigeración.
- **Energía Solar Térmica de Alta Temperatura:** tecnologías que permiten obtener temperaturas superiores a los 250°C. Aplicaciones típicas; producción de electricidad con energía solar (usualmente acoplando el dispositivo receptor solar a ciclos termodinámicos de vapor o ciclos de gas), o algunos procesos de química solar.

### 1.2.1.2.2 Sistemas Fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica utiliza la radiación solar para generar electricidad aprovechando las propiedades físicas de ciertos materiales semiconductores.

<sup>9</sup> Los equipos termosifónicos funcionan por gravedad. El sol calienta el fluido que está en su interior, éste aumenta de temperatura disminuyendo su densidad y fluye hacia la parte superior, dejando que el fluido más frío ocupe su lugar para calentarse.

Es posible obtener energía eléctrica directamente de la luz del sol. Esto por medio de paneles fotovoltaicos. Esta transformación se debe al denominado efecto fotoeléctrico, producto de la interacción entre la radiación solar y el material semiconductor de las celdas solares o fotovoltaicas.

### **1.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA**

El Consejo Mundial de Energía, define el término eficiencia energética (EE) como todos los cambios que resulten en una reducción de la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de bien o servicio (por ejemplo, energía utilizada por unidad de PIB o valor agregado) o para alcanzar los requerimientos energéticos para un nivel de confort dado.

La EE se asocia a eficiencia económica e incluye cambios desde el ámbito personal (en nuestro hogar), tecnológicos, económicos y conductuales, que ayudan a reducir considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **1.4 DESARROLLO SOSTENIBLE**

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, en su informe Nuestro Futuro Común, señala que el desarrollo es sostenible “cuando atiende las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para atender a sus propias necesidades”. En este mismo sentido, entonces define que para que los sistemas energéticos sean sostenibles deben satisfacer las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer las futuras, atendiendo al equilibrio social y ecológico y las necesidades de los más pobres.

---

## CAPITULO II

### SITUACIÓN ENERGÉTICA EN CHILE

---

La alta dependencia energética de Chile tiene una razón simple: la falta de recursos energéticos primarios como el gas natural, carbón y petróleo.

En la actualidad, buena parte de la demanda energética es cubierta por combustibles fósiles, fundamentalmente de proveedores externos, a menudo en número muy limitado generando una vulnerabilidad para el proceso de desarrollo, no sólo por el potencial corte de suministro sino también por el sometimiento a las fluctuaciones de los precios. De igual modo, la concentración significativa en ciertas fuentes domésticas, como la hidroelectricidad, también han sometido al país a riesgos importantes ante fenómenos climáticos (los cuales podrían agravarse en los próximos años en función de los cambios climáticos que comienzan a vislumbrarse). Reducir estos riesgos implica enfrentar el desafío de incrementar la diversificación tanto de las fuentes de energía como de los proveedores de ésta, aprovechando todos los recursos disponibles.

No obstante la importancia de diversificar nuestra matriz energética, es esencial que la elección de fuentes, tecnologías y proveedores no deje de considerar la competitividad de nuestra economía. En el proceso de provisión energética, en particular ante el encarecimiento de algunas de las fuentes principales de energía que sustentan nuestro desarrollo, mantener una estructura competitiva es esencial para que la actividad económica pueda desarrollarse de manera vigorosa. Esto es particularmente relevante dado que algunos de nuestros principales competidores en los mercados internacionales disponen de recursos energéticos fósiles en relativa abundancia.

La presencia preponderante de fuentes energéticas importadas somete al país a una exposición importante no sólo por riesgo de suministro, sino también por el impacto de alzas y volatilidad de los precios internacionales.<sup>10</sup>

## 2.1 SITUACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO CHILENO

Según se observa en el Cuadro N°1 que muestra el Balance de Energía Primaria<sup>11</sup> para el año 2008, las importaciones que Chile debe realizar para cubrir los requerimientos energéticos que **demanda** su economía, alcanza al 63.5% del consumo bruto anual, situación que refleja la vulnerabilidad de nuestro país, dejándolo expuesto a los cambios en las condiciones que experimentan los mercados internacionales, principalmente del petróleo.

**Cuadro N°1: Balance de Energía Primaria Chilena año 2008**  
(CIFRAS EN TERACALORÍAS<sup>12</sup>)

ENERGÉTICO	PRODUCCIÓN BRUTA	IMPORTACIÓN	EXPORTACIÓN	V. STOCK + PERD + CIERRE	CONSUMO BRUTO (1)
PETRÓLEO CRUDO	1.397	108.806	0	-216	110.420
GAS NATURAL	19.695	7.287	0	2.188	24.795
CARBÓN	2.765	43.400	0	2.469	43.695
HIDROELECTRICIDAD	21.496	0	0	631	20.865
ENERGÍA EOLICA	33	0	0	0	33
LEÑA Y OTROS	51.170	0	0	0	51.170
BIOGAS	0			0	0
<b>TOTAL</b>	<b>96.556</b>	<b>159.493</b>	<b>0</b>	<b>5.072</b>	<b>250.977</b>

(1) Consumo Bruto = Producción Bruta + Importaciones - Exportaciones - Variación de Stock.

Representa la disponibilidad de energéticos primarios a la entrada de los Centros de Transformación.

**Fuente: Encuestas CNE a empresas del sector energía e industrias intensivas en consumo energético**

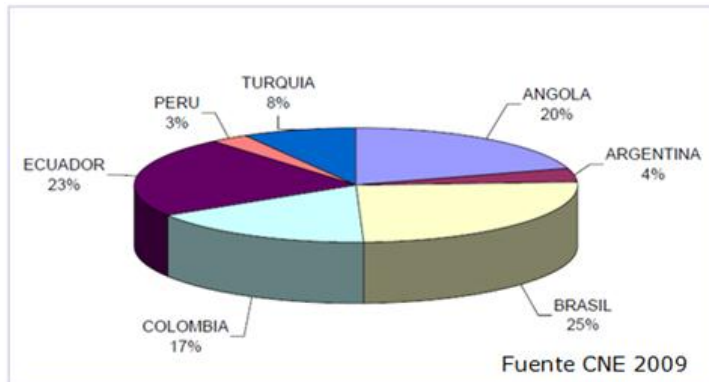
**Elaboración: Comisión Nacional de Energía, Octubre 2009**

<sup>10</sup> Política Energética. Transformando la crisis energética en una oportunidad. CNE 2008.

<sup>11</sup> El Balance de energía primaria, contabiliza el flujo de los recursos naturales energéticos disponibles durante un año, que deben pasar por un proceso de transformación antes de su consumo final.

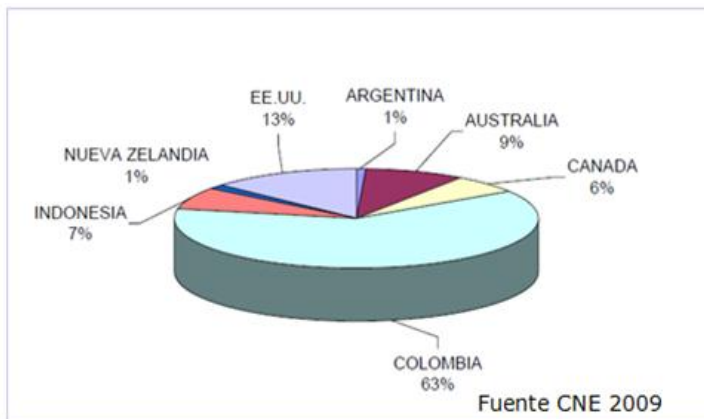
<sup>12</sup> Caloría es una unidad de energía. Una teracaloría, equivale a mil millones de kilo calorías (kcal).

Figura N°3: Importaciones de Crudo por Origen  
año 2008



En el caso de petróleo crudo las importaciones del año 2008 (108.806 teracalorías) vinieron de Sudamérica, Angola y Turquía (72%, 20% y 8%, respectivamente).

Figura N°4: Importación de Carbón por Origen  
año 2008



Mientras que las de carbón (43.400 teracalorías), provinieron de cuatro grandes fuentes: Colombia, EEUU, Australia e Indonesia, (63%, 13%, 9% y 7%, respectivamente).

Figura N°5: Importación de Gas Natural por Origen año 2008



En el año 2008, la importación de gas natural provino en su totalidad de Argentina.

La solución del gobierno para disminuir la dependencia Argentina<sup>13</sup> fue construir una planta de Gas Natural Licuado<sup>14</sup> para importar este combustible desde diversos países productores.

Gas Natural Licuado Quintero S.A. es el Terminal de recepción, almacenamiento y regasificación de Gas Natural Licuado que está operando en la bahía de Quintero y que abastece de gas natural, en forma permanente y segura, a la zona central de Chile.

Este gas es transportado en barcos desde distintos países con los que BG Group<sup>15</sup> tiene producción propia y/o contratos de abastecimiento, tales como Trinidad y Tobago, Egipto, Nigeria, Guinea Ecuatorial y otros países productores.

## 2.2 SITUACIÓN EN EL SECTOR DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

### Participantes del mercado

En el ámbito de la **oferta energética**, la industria eléctrica nacional está integrada por un conjunto de empresas generadoras, transmisoras y distribuidora. La operación real de los participantes en la generación eléctrica en Chile se aprecia en el cuadro siguiente.

**Cuadro N°2. Operación real por Sistema Eléctrico nacional periodo 2008**

SISTEMA	CAPACIDAD INSTALADA MW	DEMANDA MÁXIMA MW	GENERACIÓN BRUTA GWH	VENTAS GWH
SING	3.601,9	1.897,0	14.503,2	13.219,2
SIC	9.385,7	6.147,1	41.804,3	39.580,3
AYSEN	50,50	20,4	122,2	102,0
MAGALLANES	98,71	47,0	249,2	225,9
<b>TOTAL</b>	<b>13.136,81</b>	<b>8.111,5</b>	<b>56.678,9</b>	<b>53.127,4</b>

Fuente: Comisión Nacional de Energía

<sup>13</sup> El suministro de Argentina, en su mejor momento, promedió entre seis y ocho millones de m3 de gas diarios, y la planta nacional tiene capacidad instalada para 10 millones de m3, ampliable a 20 millones.

<sup>14</sup> Gas Natural Licuado es Gas Natural que ha sido convertido a líquido, mediante el enfriamiento a una temperatura de -160° Celsius, a presión ambiente. El Gas Natural es un combustible seguro, limpio y amigable con el medio ambiente, compuesto principalmente por metano.

<sup>15</sup> BG Group empresa líder en la industria mundial del GNL y socia del proyecto, abastece desde su portfolio de suministro, Gas Natural Licuado al Terminal de GNL Quintero.

- Sistema Interconectado del Norte Grande (SING): Cubre el territorio comprendido entre las ciudades de Arica y Antofagasta, con un 27,4% de la capacidad instalada en el país;
- Sistema Interconectado Central (SIC): Se extiende entre las localidades de Taltal y Chiloé con 71,4% de la capacidad instalada<sup>16</sup>;
- Sistema de Aysén: Atiende el consumo de la Región XI con 0,4% de la capacidad y
- Sistema de Magallanes: Abastece la Región XII con 0,8% de la capacidad instalada en el país.

La generación de energía eléctrica en Chile, históricamente se ha desarrollado en base a fuentes de generación tradicionales hidráulicas y térmicas. Las primeras a través de centrales hidroeléctricas de embalse y pasada<sup>17</sup>; y las segundas por medio de turbinas abastecidas por petróleo y carbón.

En la última década se ha observado una evolución importante en la matriz de generación eléctrica como se aprecia en la figura N°6. Durante 1996 y 1997, en promedio, la generación eléctrica fue 60% hidráulica, 35% a carbón y 5% con petróleo y biomasa. La importante participación de la hidroelectricidad dentro de la generación eléctrica genera un elemento de riesgo debido a la variabilidad en las hidrologías anuales. Los antecedentes hidrológicos de las últimas décadas muestran que la capacidad de generación hídrica puede ser hasta tres veces mayor en un ciclo hidrológico lluvioso, del orden de 30.000 GWh, que en uno seco, del orden de 10.000 GWh, considerando la capacidad instalada actual.

A partir de 1998 y hasta el 2004, el gas natural sustituyó a la generación con carbón (con un peak de generación basada en gas natural el 2001). A partir del

---

<sup>16</sup> Las regiones III a la X, suministradas por el SIC, agrupan un 92,27% de la población nacional (Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, [www.ine.cl](http://www.ine.cl))

<sup>17</sup> **Centrales de embalse.** Es el tipo más frecuente de central hidroeléctrica. Utilizan un embalse para reservar agua e ir graduando el agua que pasa por la turbina. Es posible generar energía durante todo el año si se dispone de reservas suficientes. Requieren una inversión mayor.

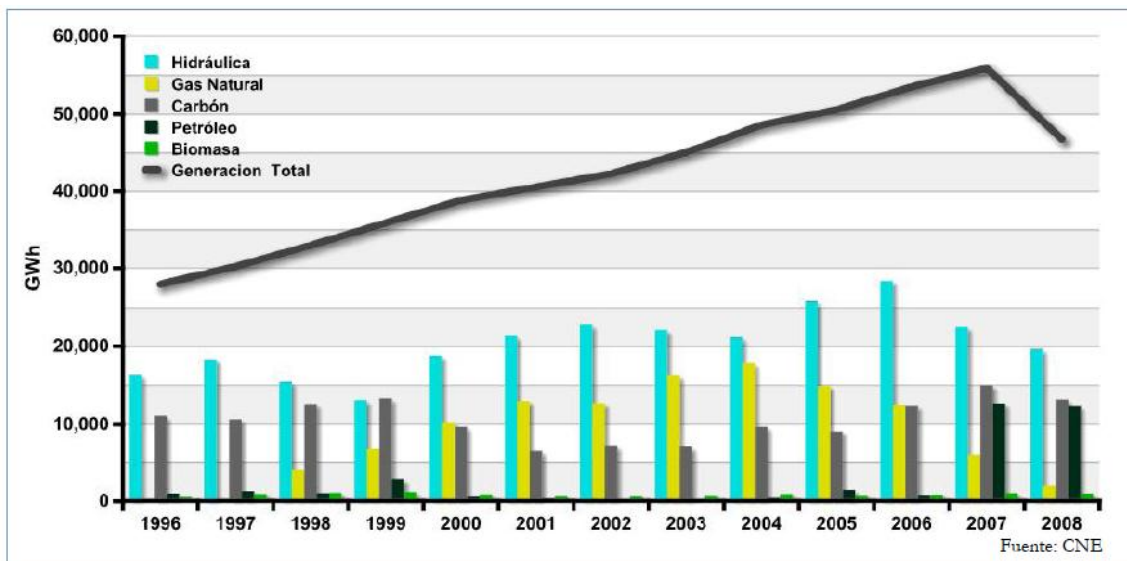
**Centrales de agua fluyente.** También denominadas centrales de filo de agua o de pasada, utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica. Operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua, no disponen de embalse. Turbinan el agua disponible en el momento, limitadamente a la capacidad instalada. En estos casos las turbinas pueden ser de eje vertical, cuando el río tiene una pendiente fuerte u horizontal cuando la pendiente del río es baja.

2005, debido a los recortes en el abastecimiento de gas natural desde Argentina, la situación comenzó a revertirse y la generación basada en carbón aumentó. No obstante, la generación a gas natural no ha sido completamente sustituida, dado los tiempos requeridos para la construcción de nuevas centrales.

Para hacer frente a las restricciones de envío de gas y los años secos, se incrementó la generación con derivados de petróleo, especialmente diesel. Esto fue posible por las inversiones en “dualización” de las centrales originalmente diseñadas para funcionar en base a gas natural, el esfuerzo de distribuidoras de combustible por el tema logístico y la instalación de turbinas y motores diesel.

La generación con derivados de petróleo aumentó desde un 1% del total de generación eléctrica en el año 2006 a un 22% del total de generación en el año 2007 y en el mes de abril del 2008 alcanzó un record de 38,2% del total (SIC+SING).

**Figura N°6. Generación Eléctrica SIC + SING: 1996 – 2008**



## 2.3 CAPACIDAD EN ENERGÍA RENOVABLE NO CONVENCIONAL EN CHILE

El Desarrollo de las ERNC es una estrategia para:

- **Aumentar la seguridad del suministro:**

- Diversifica las fuentes de generación.
- Reduce dependencia externa.
- Reduce variabilidad de precios.

- **Aumentar la Eficiencia:**

- Aprovechamiento de nuestros recursos naturales.
- Desarrollo de nuevas tecnologías.

- **El desarrollo sustentable del sector energía:**

- Menor impacto ambiental que formas tradicionales de generación.
- Permiten desarrollo descentralizado del sector.
- Internacionalmente, se reconocen como opciones de desarrollo de nulo impacto en emisiones de gases de efecto invernadero.

Chile presenta una riqueza natural envidiable por cualquier país desarrollado, su variada geografía permite que se propicien condiciones ideales para la producción de diversos tipos de ERNC, destacando:

**-Energía eólica:** El norte y sur de Chile (costa y valles del norte y desde VIII al Sur) presentan condiciones ideales para el establecimiento de parques eólicos, por lo cual se deben realizar prospecciones y seguimiento de la capacidad energética de los vientos en distintas zonas geográficas.

**-Mini centrales hidráulicas y de pasada:** a diferencia de las grandes centrales hidroeléctricas, el impacto ambiental derivado de las minicentrales hidráulicas es mínimo, permitiéndoles ser catalogadas como fuente de ERNC. Dentro de esta categoría entran las centrales hidroeléctricas con capacidad instalada inferior a 20MW.

**-Energía solar:** Radiación de 4.500 a 3.700 Kcal/m<sup>2</sup>/día entre las I y VII Región.

**-Energía proveniente de Biomasa<sup>18</sup>:** En el sur de Chile se genera hoy una importante cantidad de energía usando biomasa, principalmente en los complejos industriales de celulosa, usando su potencial de generación.

**- Geotérmica:** Chile se encuentra ubicado en el llamado “Cordón de fuego del Pacífico<sup>19</sup>”. La zona centro sur del país se encuentra favorecida para este tipo de proyectos dado que se encuentra prácticamente encima del arco volcánico de la Cordillera de los Andes. La zona norte, por su parte, hace décadas que su potencialidad ha sido detectada, por ejemplo en la zona de El Tatio.

**- Mareomotriz:** Si bien Chile posee grandes extensiones de costa, no existen en el mundo proyectos que sean realmente eficientes, por lo que aún falta mayor desarrollo tecnológico para que sea una fuente energética viable. Es actualmente una de las ERNC más costosas junto a la fotovoltaica y geotérmica.

Durante el 2008 la contribución de la ERNC al total nacional de Capacidad instalada de Generación Eléctrica se observa en el siguiente cuadro.

**Cuadro N°3. Contribución de ERNC al total nacional de Capacidad Instalada de Generación Eléctrica. (MW) Año 2008**

Fuente	SIC	SING	Magallanes	Aysén	Total
Hidráulica > 20 MW	4.781	0	0	0	4.781
Comb. Fósiles	4.292	3.589	99	28	8.007
<b>Total Convencional</b>	<b>9.073</b>	<b>3.589</b>	<b>99</b>	<b>28</b>	<b>12.788</b>
Hidráulica < 20 MW	129	13	0	21	162
Biomasa	166	0	0	0	166
Eólica	18	0	0	2	20
<b>Total ERNC</b>	<b>313</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>349</b>
<b>Total Nacional</b>	<b>9.386</b>	<b>3.602</b>	<b>99</b>	<b>50</b>	<b>13.137</b>
<b>ERNC %</b>	<b>3,3%</b>	<b>0,4%</b>	<b>0%</b>	<b>45%</b>	<b>2,7%</b>

Fuente: Comisión Nacional de Energía 2009.

<sup>18</sup> El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de actividades agrícolas (residuos de maíz, café, arroz, etc.), forestales (desechos de podas y raleos, aserrín y despuntes de aserraderos) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros).

<sup>19</sup> Zona del planeta caracterizada por su intensa actividad volcánica que se extiende por la corteza terrestre desde Japón hasta el sur del país. Asociado a esto se encuentran áreas de actividad geotermal ubicadas en zonas volcánicas o próximas a ellas.

## 2.4 ACCIONES Y PROGRAMAS EN EL SECTOR DE LAS ERNC Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CHILE

### 2.4.1. Energías Renovables

La implementación de medidas de apoyo a las ERNC en Chile es algo reciente y data del año 2004. Fundamentalmente son dos, las líneas de acción que el gobierno chileno está llevando a cabo: perfeccionamiento del marco regulatorio del mercado eléctrico e introducción de instrumentos de apoyo directos a iniciativas de inversión de proyectos de ERNC.

Es fundamental que el marco regulatorio que rige el mercado eléctrico tenga en cuenta las particularidades que presentan las ERNC con el fin de que su participación en el mercado eléctrico aumente. El primer cambio que se produjo en la legislación eléctrica fue la modificación de la Ley General de Servicios Eléctricos a través de la Ley Corta I y Ley Corta II en 2004 y 2005 respectivamente<sup>20</sup>, hasta llegar en 2008 a la publicación de la Ley 20.257, también llamada Ley de Energías Renovables No Convencionales<sup>21</sup>.

Respecto a la segunda línea de acción, también desde el año 2004 se ha implementado diversas líneas de acción que contemplan instrumentos de fomento a la inversión privada e instrumentos de generación de información pública que orienten y faciliten las decisiones de inversión en materia de proyectos.

---

<sup>20</sup> Tienen por objetivo incentivar al sector privado a invertir en proyectos eléctricos basados en energías renovables no tradicionales. En efecto, la Ley Corta I del año 2004, reguló el sector de la transmisión estableciendo los incentivos para fomentar las inversiones en este segmento. Por su parte, la Ley Corta II, de 2005, estableció las condiciones para el desarrollo energético del país a través de incentivos regulatorios y económicos para que el sector privado invierta en proyectos de generación eléctrica, tanto tradicionales (hidroeléctricos, termoeléctricos) como en base a Energías Renovables No Convencionales.

<sup>21</sup> El 1° de abril de 2008 entró en vigencia la Ley N°20.257, que estableció la obligación de toda empresa de generación eléctrica, que efectúe retiros de energía desde los sistemas eléctricos mayores (SIC y SING) para comercializarla con distribuidoras o con clientes libres (sujetos o no a regulación de precios), de acreditar que una cantidad de energía equivalente al 10% de sus retiros haya sido inyectada a cualquiera de esos sistemas, por medios de generación renovables no convencionales, propios o contratados.

El 1° de enero de 2010 entró a regir la obligación de las empresas de generación eléctrica de acreditar esta ley. Entre los años 2010 a 2014 la obligación ascenderá sólo a un 5%, incrementándose posteriormente cada año en un 0,5% hasta llegar al 10% el año 2024. Esta modalidad de incentivo a la producción de energía eléctrica con ERNC se conoce internacionalmente como modelo de cuotas.

Además de estas dos líneas de acción, también se está trabajando en la creación de un Centro de Energías Renovables que tendrá por principal objetivo servir de “antena” tecnológica que permita aprovechar el desarrollo tecnológico mundial.

Una de las metas que tiene el actual gobierno, es el Desafío 20/20 que es aumentar al 20% la participación en ERNC<sup>22</sup> a nuestra matriz al año 2020, cifra que actualmente alcanza sólo el 2,7%.

Para ello, cabe mencionar que proyectos en energía solar no están considerados como ERNC para aumentar la matriz energética.

Por último, en el sector de la electrificación rural destaca el proyecto de “Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables”, cuyo objetivo es eliminar las barreras existentes a la incorporación de las ERNC en la electrificación rural en Chile.

#### **2.4.2 Eficiencia Energética**

Como se ha comentado en el punto anterior, el uso eficiente de la energía es un punto estratégico en la política energética chilena. La creación, en 2005, del Programa Eficiencia Energética (PPEE) y los proyectos que bajo el paraguas de este programa se están llevando a cabo, así lo demuestran. Brevemente se describen los proyectos más destacados en los diferentes sectores:

- **Política de eficiencia energética**

Las acciones que se están llevando a cabo en esta área, pretenden desarrollar los lineamientos estratégicos de mediano y largo plazo que son necesarios para que la eficiencia energética se convierta en un pilar dentro de las políticas energéticas nacionales:

---

<sup>22</sup> Según Carolina Galleguillos (Directora ejecutiva del Centro de Energías Renovables), Chile es un país con mucho potencial para generar ERNC, donde la energía hidráulica, geotérmica y la biomasa, serían las más preponderantes. En relación a la disponibilidad del recurso, un estudio realizado por el NEIM-CEI de la Universidad Técnica Federico Santa María sobre el potencial de ERNC para el año 2025, estimó un potencial superior a los 190.000 MW de ERNC. Este total se compondría de más de 20.000 MW de energía hidráulica (no convencionales, menores a 20 MW de potencia instalada); 16.000 MW de energía geotérmica; 40.000 MW de energía eólica; más de 13.000 MW de energía a partir de biomasa; 40.000 a 100.000 MW de energía solar; y cerca de 1.000 MW de energía solar fotovoltaica, instalada sobre los techos de las casas.

- Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020.
- Estudio de Mercado de Eficiencia Energética en Chile.
- Estudio de usos finales de la energía.
- Evaluación de políticas y programas de Eficiencia Energética.
- Coordinación y propuesta de diseño institucional para la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

- **Alumbrado Público**

El objetivo de los programas sobre alumbrado público es mejorar la eficiencia energética de estas instalaciones, a través de incentivos que permitan a los municipios incorporar nuevas tecnologías a sus sistemas de alumbrado público y proyectos de asistencia técnica a lo largo de todo el país.

- **Vive con buena energía**

Vive con buena energía es la iniciativa que busca implementar conceptos de Eficiencia Energética en los hogares con el objetivo de reducir al mínimo los gastos de energía, mejorar la habitabilidad y el confort de la vivienda. Alguno de los proyectos que se están ejecutando en este campo son:

- Proyecto Asignación de Subsidios e Inicio de Obras de Reacondicionamiento Térmico en Viviendas que benefician a la población perteneciente a los segmentos de mayor vulnerabilidad.
- Piloto de Mejoramiento Térmico para viviendas sociales.
- Certificación Energética de Viviendas.
- Concurso de Diseño de Vivienda Social y Eficiencia Energética.
- Guía de diseño para la Eficiencia Energética en la vivienda social.

- **Edificios Públicos**

Bajo la iniciativa de edificios públicos se llevan a cabo proyectos que buscan integrar el uso eficiente de la energía en las edificaciones públicas, a través de la conformación de grupos de trabajo intersectorial, orientados a dar apoyo técnico a las instituciones públicas desarrollando estándares para el diseño,

construcción y operación de sus edificaciones. Paralelamente, se realizan diagnósticos energéticos que dan cuenta del potencial de ahorro de los diversos edificios además de proponer medidas de implementación para cada edificación particular.

- **Etiquetado de Eficiencia Energética en Artefactos Eléctricos**

El Gobierno junto con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles están desarrollando un sistema de etiquetado de eficiencia energética para artefactos domésticos.

- **Transporta con buena energía**

El objetivo principal de los proyectos que se desarrollan bajo esta iniciativa es la modernización del parque de camiones, asistir técnicamente a las empresas de transporte de carga, además de contribuir a la educación de los conductores.

## CAPITULO III

### ENERGIA SOLAR

#### 3.1. ENERGIA SOLAR MUNDIAL

Las fuentes energéticas renovables son aún mayores que los tradicionales combustibles fósiles y en teoría pueden fácilmente suministrar la energía que el mundo necesita.

Hasta la Tierra llega una cantidad de energía solar equivalente a  $1,7 \times 10^{14}$  kW<sup>23</sup>, lo que representa la potencia correspondiente a 170 millones de reactores nucleares de 1.000 MW de potencia eléctrica unitaria, o lo que es lo mismo, 10.000 veces el consumo energético mundial<sup>24</sup>.

Globalmente, la generación solar es la fuente de energía de más rápido crecimiento, mostrando un crecimiento promedio anual del 35% durante los últimos años. Japón, Alemania, España, China, los Estados Unidos de América e India son los países inversores de mayor crecimiento de la energía solar.

##### 3.1.1. Energía Solar Fotovoltaica Mundial

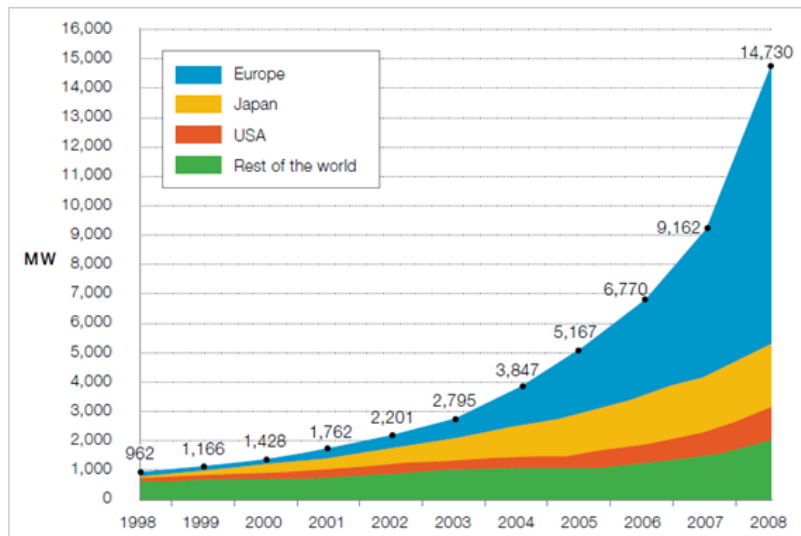
El mercado energía solar fotovoltaica (PV) ha sido auge en la última década y se prevé que se confirme esta tendencia en los próximos años. A finales de 2008 la capacidad Mundial acumulativa se acercaba a 15 GW. Hoy, Europa está abriendo el camino con más de 9 GW, que representan más del 65% del Mundial PV acumulativo de capacidad instalada. Japón (2.1 GW) y Estados Unidos (1.2 GW) siguen detrás, representan el 15% y 8%, respectivamente del acumulativo Mundial en energía fotovoltaica instalada.

---

<sup>23</sup> Un "kilowatt" equivale a la energía que consumen 25 ampollitas de 40 Watt encendidas durante un segundo.

<sup>24</sup> Manual EERR. Energía solar térmica .Madrid 2006.Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

**Figura N°7. Desarrollo Histórico de acumulativo Mundial energía fotovoltaica instalada por región**



Fuente: Perspectiva del Mercado PV Global hasta 2013. EPIA 2009.

### 3.1.2 Energía Solar Térmica Mundial

La mayor parte de los captadores solares instalados en el mundo tienen como finalidad la producción de agua caliente para uso doméstico. A esta aplicación se destinan los esfuerzos de la mayoría de los mercados nacionales importantes, aunque el tipo y el tamaño de las instalaciones, así como el porcentaje total de la demanda que cubre, varía en función de la zona del mundo a la que hagamos referencia.

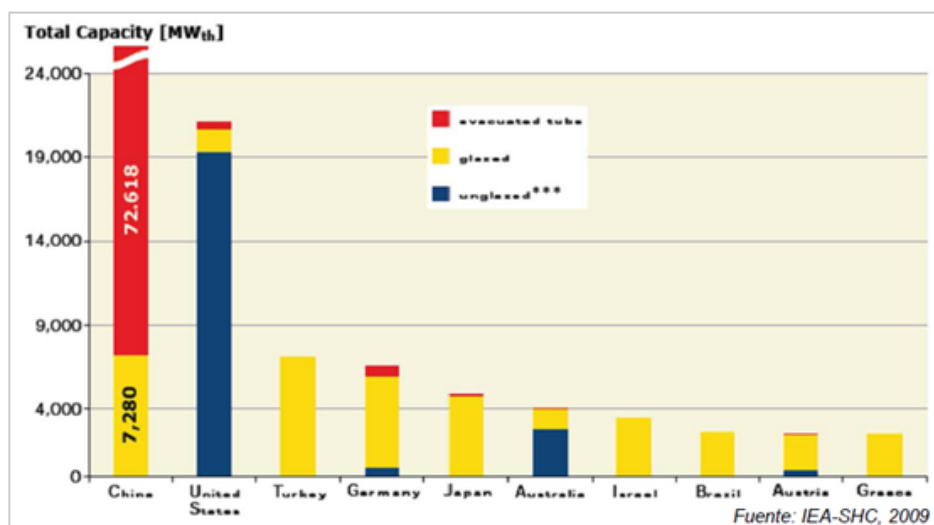
El aporte de energía solar en sistemas de calefacción es el segundo en importancia; una aplicación que resulta especialmente interesante en países fríos y que se utiliza cada vez con mayor frecuencia tanto para viviendas familiares como para todo tipo de instalaciones colectivas.

Se trata de una opción cada vez más valorada en países como China, Australia, Nueva Zelanda o Europa, donde se entiende la edificación desde una perspectiva global en la que la energía solar puede ofrecer soluciones integradas en muy diversos ámbitos, y la calefacción constituye siempre un potencial muy atractivo.

Por lo que respecta al reparto de la energía solar térmica por países, el mercado mundial está bajo el dominio de China<sup>25</sup>. Se calcula que aproximadamente el 40% de los captadores solares colocados en el mundo se encuentran en este país. Después de alcanzar una gran aceptación en pequeños municipios durante las décadas de los años 80 y 90, la energía solar térmica en la República Popular China ha penetrado con fuerza en ciudades de medio y gran tamaño como Shanghai o Tianjin. Hoy, 10 millones de familias disponen de agua caliente gracias al Sol, lo que supone un ahorro de 6,3 millones de toneladas de carbón al año, que evita la emisión de más de 13 millones de toneladas de CO2.

A China le siguen EEUU, Japón, Turquía, Alemania e Israel con altos índices de crecimiento en los últimos años. Entre ellos, llama especialmente la atención el desarrollo de la energía solar en Israel, donde alrededor del 85% de las viviendas están equipadas con captadores solares térmicos, como resultado de una ley de hace 20 años que requiere que todos los edificios de menos de 20 metros de altura deban estar dotados de sistemas solares térmicos en los tejados.

**Figura N°8. Capacidad mundial instalada de los principales 10 países en sistemas solares térmicos de baja temperatura**



<sup>25</sup> Manual EERR. Energía solar térmica. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

## **3.2. REVISIÓN DE LOS ASPECTOS CLAVES EN LAS EXPERIENCIAS INTERNACIONALES**

En este apartado, se revisan los aspectos claves de las experiencias de España y Alemania, dos países ubicados en Europa que se han convertido en potencias en materia de energía solar.

### **3.2.1 Experiencia en España**

Una experiencia importante de analizar en materia de desarrollo de la energía solar, en el marco de las energías renovables, es el caso español. España tiene una población de 46.745.807 habitantes, el potencial solar de España es el más alto de Europa debido a su privilegiada situación y climatología<sup>26</sup>.

España se convirtió en el país con mayor potencia nueva instalada en fotovoltaica(PV) el 2008, la impresionante progresión es principalmente debido a la evolución del mercado Español que casi se quintuplicaron en un año de 560 MW en 2007 a más de 2.511 MW en 2008, lo que representa más del 45% del mercado PV (Figura N°9).

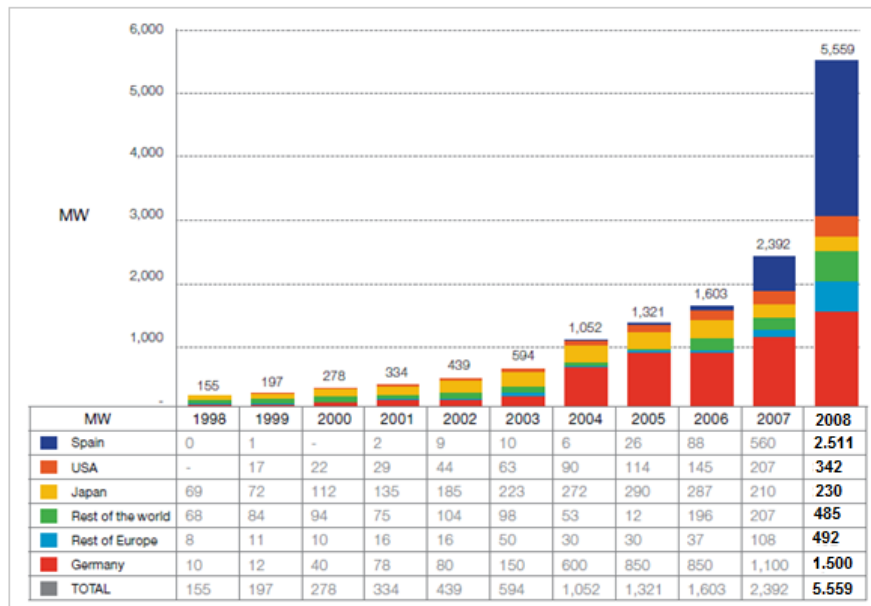
Además del desarrollo en España, otros países continuaron su progresión en 2008. Alemania ha instalado alrededor de 1.500 MW, los Estados Unidos 342 MW y 230 MW estaban conectados en Japón. Principales acontecimientos fueron vistos en otros países como Italia (258 MW) y Corea del Sur (274 MW) así como la aparición de nuevos mercados PV, tales como Francia (105 MW se instalaron 46 MW de que estaban conectados en 2008), la República Checa (51 MW), Portugal (50 MW) y Bélgica (48 MW).

A través de una resolución ministerial en marzo de 2004, el gobierno español eliminó las barreras económicas para la conexión de las energías renovables a la red eléctrica. El Real Decreto 436/2004 garantiza la venta de energía fotovoltaica (primas o feed-in tariffs). (Anexo N°1)

---

<sup>26</sup> Datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la radiación solar global sobre superficie horizontal en España oscila entre 3,2 kw/h/m2/día de la zona más septentrional del territorio hasta los 5,3 kw/h/m2/día de la isla de Tenerife.

**Figura N°9. Desarrollo Histórico Global anual en el mercado PV por región**



Fuente: Perspectiva del Mercado PV Global hasta 2013. EPIA 2009

En cuanto al aspecto tecnológico, España se encuentra en posiciones de liderazgo mundial por su preocupación en Investigación y Desarrollo, de distintos actores, como centros de investigación públicos y privados, universidades y empresas.

Destacable es el Código Técnico de la Edificación, aprobado el 17 de marzo de 2006, por el Consejo de Ministros español, que establece dentro de otros aspectos, la obligación de incorporar criterios de eficiencia energética y el uso de energía solar térmica o fotovoltaica en los nuevos edificios o en aquellos que se vayan a rehabilitar.

### 3.2.1.1. Ayudas y Subvenciones para los proyectos de energía solar

En el ámbito nacional español existen actualmente;

**1-Subvenciones y Ayudas Estatales;** otorgado para los sistemas no conectados a la red (un mercado que crece constantemente a un ritmo de 2 MW al año), su objetivo es fomentar el uso de las energías renovables y la mejora en la eficiencia energética, el organismo encargado es el Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE).

- **Incentivos financieros.** Desde el año 2005 a 2010, se cuenta con una línea de ayuda a la producción de energía térmica doméstica o industrial para instalaciones que utilicen solar como energía primaria.

El incentivo está dirigido a personas, compañías privadas o públicas, organizaciones y comunidades de vecinos.

En general la subvención<sup>27</sup> es del 37% del coste. Es posible incrementar el subsidio hasta el 50% si el proyecto incorpora tecnologías innovadoras.

- **Programa de Préstamos para Inversiones en Renovables:** Puesto en marcha en 2008 a través del IDAE, dirigido a personas, PyMEs, Ayuntamientos y organismos públicos.

El préstamo cubre el 100% de la inversión hasta un máximo de 1.5 M€ (IVA no incluido). El periodo de amortización es de 11 años con un año de carencia y 10 de amortización).

La tipología de proyectos cubiertos por este programa es:

- Aplicaciones de solar térmica cuya capacidad es igual o superior a 20kW.
- Cogeneraciones<sup>28</sup> con capacidades de generación hasta 2 Mw.
- Equipos de calor que utilicen biomasa en hogares o edificios con una capacidad máxima de 3 Mw.

- **Financiación Proyecto Arrendamiento Servicio;** se trata de un modelo de colaboración financiera por el que el IDAE, por una parte, presta servicios de asesoramiento y coordinación en todas las fases de ejecución y explotación de un proyecto de inversión y, por otra, lo financia al 100%.

Esto es aplicable a proyectos de inversión en materia de ahorro, eficiencia energética y energías renovables que dispongan de un análisis previo de viabilidad técnico-económica.

---

<sup>27</sup> La subvención cubre: -Captadores solares para agua caliente sanitaria para paneles cuyo coeficiente de pérdidas es inferior a 9W/ (m<sup>2</sup> °C).

-Aplicaciones de frío solar. -Proyectos innovadores.

-Aplicaciones solares con temperaturas superiores a 60°C con eficiencias superiores al 40%.

<sup>28</sup> La cogeneración es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente sanitaria)

- **Financiación Por Terceros;** IDAE realiza directamente la inversión por lo que, normalmente, no se requieren desembolsos del industrial o destinatario final de la inversión; no se trata por lo tanto de un préstamo del IDAE al industrial dado que los equipos son propiedad del IDAE hasta que recupere la inversión<sup>29</sup>. Así, con esta forma de actuación, el industrial mantiene íntegra su capacidad de endeudamiento, así como sus propios recursos que los podrá destinar a otros fines dentro de su empresa.
  
- **Programa De Ayudas A Proyectos Estratégicos-IDAE;** el objetivo es cubrir determinada tipología de proyectos que no cuentan con el suficiente apoyo de los mecanismos actuales existentes, con una visión de apoyo continuo (plurianual), abierto (beneficiarios directos e indirectos) y diverso (sectores industrial, terciario y de servicios). Este programa contempla 3 tipos de proyectos;
  - Proyecto Estratégico; se trata de un conjunto de actuaciones de inversión en un ámbito temporal amplio (hasta 31 diciembre 2012) cuyo objetivo sea reducir de forma significativa los consumos específicos energéticos de sus procesos, acercándose al óptimo técnico energético.
  - Proyecto Singular Innovador; son proyectos con un destacado elemento de innovación en el uso de la energía donde destaquen elementos como la replicabilidad en otras empresas del sector, la aplicación de la mejor tecnología disponible, la incidencia energética y medio ambiental en el entorno y la adaptación al concepto de ecoinnovación.
  - Proyecto Sectorial Conjunto; son proyectos donde una similar aplicación tecnológica puede aplicarse en varias empresas de un mismo sector, consiguiendo en consecuencia un efecto de replicabilidad directo.

---

<sup>29</sup> Recuperada la inversión por IDAE, la instalación pasa a ser propiedad del cliente; a partir de este momento, el usuario final se beneficia de la totalidad de los ahorros energéticos o de la energía generada por las instalaciones y, además habrá mejorado su competitividad al disponer de unas instalaciones tecnológicamente más avanzadas y, energéticamente más eficientes.

**2-Subvenciones Autonómicas;** Las comunidades autónomas<sup>30</sup> tienen autoridad legal para establecer subsidios o ayudas adicionales (por ejemplo, para instalaciones en áreas urbanas), pero de forma muy limitada e irrelevante, en cualquier caso.

**3-Subvenciones Municipales;** esta subvención municipal<sup>31</sup> entrega ayuda a particulares para la implantación de instalaciones térmicas para ACS y calefacción. Asimismo concede bonificaciones fiscales en ciertos impuestos municipales (impuestos sobre construcciones e instalaciones y la tasa de servicios urbanísticos) para instalación de energías renovables.

### **3.2.2. Experiencia en Alemania**

Con más de 82 millones de habitantes, Alemania es el país líder en Europa en energía solar fotovoltaica, tiene más del 80% de la potencia instalada acumulada mundial<sup>32</sup>. El éxito alemán, obedece a las variadas políticas y programas de fomento y apoyo a la energía fotovoltaica, tanto por entidades públicas como privadas.

#### **Apoyo financiero para los proyectos de energía solar**

- Programa 100.000 tejados: Programa en el cual el año 1999, el gobierno federal alemán destino 500 millones de euros, subsidios asignados bajo la modalidad de préstamos libres de interés con un plazo de 10 años. El programa tuvo un éxito tal que ya en el mes de octubre de ese año se habían aprobado 3.500 sistemas con una capacidad de 7,85 MW.
- Sol en el colegio: Programa que proporcionó créditos blandos y subsidios, durante el período 2000 – 2003, con el objetivo de facilitar la instalación de 535 sistemas fotovoltaicos con fines educativos.
- Uno de los principales impulsores de la inversión fotovoltaica en Alemania es el Acta de Fuentes Energéticas Renovables (EEG, por sus siglas en alemán).

<sup>30</sup> Andalucía, Aragón, Asturias, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Catalunya, Comunidad Valenciana, Euskadi, Extremadura, Galicia, Illes Balears, Islas Canarias, La Rioja, Madrid, Murcia, Navarra, Ceuta y Melilla.

<sup>31</sup> En España existen 8.112 municipios, repartidos por las cincuenta provincias, Ceuta y Melilla.

La EEG requiere que las compañías energéticas compren energía renovable a los propietarios de instalaciones de energía renovable a una tasa que está por encima del precio minorista estándar.

- El “sistema de primas” (feed-in tariff) para los proyectos fotovoltaicos que comenzaron en 2008 se establece entre 35, 49 y 51,75 euros por kilovatio por hora. El índice está garantizado durante 20 años. No hay límite para la energía que puede venderse a la red a las tasas de EEG. Este marco legal anima a los alemanes a invertir en productos fotovoltaicos, creando un mercado nacional a largo plazo y sostenible.

### **Situación de la industria**

La actividad industrial alemana es impresionante. Las dos mayores centrales de energía solar del mundo se encuentran en Alemania en Baviera y Leipzig; Bavaria Solarpark en Baviera genera energía para un total de 3.500 hogares tras una inversión superior a los 70 millones de euros provenientes del sector privado. La Central de Leipzig abastece a 1.800 hogares (La inversión ascendió a 20 millones de euros).

En el sector PV trabajan unas 10.000 empresas (instaladores incluidos). 80 de ellas son productoras de componentes, como los fabricantes de células y módulos. El volumen de negocios de la industria ha llegado a 5.700 millones de euros. Los ingresos de exportación arrojan un total de 2.500 millones de euros. Gracias a la expansión de esta industria se han creado aproximadamente 42.000 puestos de trabajo.

En el año 2007, sólo en Alemania se fabricaron 842 MW de células. Se invirtieron 1.800 millones de euros en creación y modernización, y se dedicaron 175 millones de euros a investigación y desarrollo.

### 3.3. ENERGIA SOLAR EN CHILE

Chile es un país que cuenta con importantes recursos naturales y el sol es uno de ellos. De hecho, la región norte del país es una de las zonas con uno de los niveles de radiación más altos del mundo.

Aunque son las regiones I, II y III las que presentan el mayor potencial de energía solar, son las zonas centrales (regiones V, región metropolitana, VI y VII) las que en 2007, tenían un mayor número de paneles solares térmicos instalados. Concretamente el 63 % de una superficie total de 6.307 m<sup>2</sup>.

**Cuadro N°4. Radiaciones Solares diarias para las regiones del país**

Región	Radiación Solar (kcal/m <sup>2</sup> .día)	Radiación Solar (kWh/m <sup>2</sup> .día)
I	4,554	3,916
II	4,828	4,151
III	4,346	3,737
IV	4,258	3,661
V	3,520	3,027
VI	3,676	3,161
VII	3,672	3,157
VIII	3,475	2,988
IX	3,076	2,645
X	2,626	2,258
XI	2,603	2,238
XII	2,107	1,812
RM	3,570	3,070
Antártica	1,563	1,344

Fuente: Archivo Solarimétrico Nacional de la UTFSM

#### 3.3.1. LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA CHILENA

La energía solar térmica conoció en los años 80 un primer boom a través del mundo, consecuencia de la crisis del petróleo de los años 70.

En Chile, al final de los años 70 y a principios de los años 80, varias empresas se crearon y diversificaron sus actividades en el campo de la energía solar térmica.

Desgraciadamente, la falta de fiabilidad de ciertas tecnologías artesanales, la falta de profesionalismo de algunas empresas y la falta de mantenimiento de los

equipamientos llevaron a una serie de contrareferencias que penalizaron enormemente la imagen de la energía solar térmica.

La mayoría de estas empresas fueron obligadas a cerrar o a abandonar esta nueva actividad (por ejemplo las empresas Madeco o Indugas).

En los años 90, el mercado solar térmico no evolucionó mucho.

### **3.3.2. FUENTES ENERGÉTICAS DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) EN CHILE**

Actualmente, el calentamiento de agua para uso doméstico en Chile se lleva a cabo mediante uso de gas natural y/o licuado, petróleo, leña o electricidad, dependiendo de cada región o bien según se trate de localidades urbanas o rurales.

En el sector residencial colectivo y el sector turístico, la producción de agua caliente sanitaria está principalmente asegurada por el uso de gas natural y GLP. Según el Censo de Población y Vivienda realizado en abril del 2002 en Chile, sólo 57% de los hogares chilenos poseen un medio de producción de ACS.<sup>33</sup>

En efecto, el Censo señala la existencia de 2.380.771 calefones para un total de 4.141.427 viviendas. Esta información no está desagregada según la fuente de energía utilizada. La CNE propone considerar que 10% de esta cifra corresponde a “termos eléctricos de uso domiciliario”, lo que representaría del orden de 238.077 unidades a nivel nacional. Se considera que el resto son en su mayoría calentadores que funcionan con gas.

**Caracterización del Consumo en Chile con Gas Licuado** El consumo se encuentra ubicado en las grandes áreas urbanas del país. En Santiago se concentra el 49% del consumo de GLP. El consumo per cápita de Chile es de los más elevados de Latinoamérica con 65 kg/habitante/año<sup>34</sup>.

<sup>33</sup> Dentro del sector residencial, se observa, según vivienda, la siguiente distribución de los sistemas solares térmicos (SST): 73% corresponde a instalaciones en viviendas urbanas, 15% condominios, 7 % apartamentos y sólo 5% sector rural.

<sup>34</sup> [http://www.repsol.com/es\\_es/productos\\_y\\_servicios/productos/glp\\_butano\\_y\\_propano/paises/chile/](http://www.repsol.com/es_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/paises/chile/)

El consumo de energía medio de una vivienda se distribuye de la siguiente manera:

El 39% se consume en la calefacción.

El 28% se destina al calentamiento del ACS.

El 21% de la energía sirve para alimentar nuestros electrodomésticos.

El 12% de la energía alimenta la iluminación.

Las familias en Chile gastan \$148.849 como promedio anual en gas licuado (Cuadro N°5), mensualmente \$12.404 como promedio por hogar, equivalente a 1,5 a 2 cilindros de 11 kilogramos cada uno por mes, podemos ver que los hogares desde el quintil 4<sup>35</sup> en adelante son los que se encuentran en el rango promedio de gasto mensual (Cuadro N°6) en gas licuado para el año 2007 según la encuesta de Presupuesto Familiar<sup>36</sup> INE.

**Cuadro N°5 .Gasto Mensual en Gas Licuado Promedio por Hogares  
Noviembre 2006-Octubre 2007**

CÓDIGO	PRODUCTO	GASTO MENSUAL PROMEDIO (Pesos Abril 2007)											
		Nov 2006	Dic 2006	Ene 2007	Feb 2007	Mar 2007	Abr 2007	May 2007	Jun 2007	Jul 2007	Ago 2007	Sep 2007	Oct 2007
3200	AGUA POTABLE	9.948	11.293	11.602	12.077	12.153	10.577	10.280	10.401	10.891	10.573	10.044	11.530
3210	AGUA POTABLE	9.948	11.293	11.602	12.077	12.153	10.577	10.280	10.401	10.891	10.573	10.044	11.530
3211	AGUA	9.948	11.293	11.602	12.077	12.153	10.577	10.280	10.401	10.891	10.573	10.044	11.530
3300	COMBUSTIBLE Y ELECTRICIDAD	25.240	26.119	25.071	26.292	27.084	26.840	30.932	39.019	41.609	40.772	32.962	34.144
3310	CARBÓN Y LEÑA	418	545	836	465	562	1.246	1.296	1.525	1.186	947	1.054	629
3311	CARBÓN Y LEÑA	418	545	836	465	562	1.246	1.296	1.525	1.186	947	1.054	629
3320	PARAFINA	5	45	19	27	39	188	1.834	3.751	3.957	3.027	826	506
3321	PARAFINA	5	45	19	27	39	188	1.834	3.751	3.957	3.027	826	506
3330	GAS	10.232	9.640	9.057	8.906	9.886	9.372	12.319	16.897	17.856	18.117	13.436	13.426
3331	GAS DE CAÑERÍA	265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0
3332	GAS LICUADO	9.968	9.640	9.057	8.906	9.886	9.372	12.319	16.897	17.856	18.117	13.405	13.426
3340	ELECTRICIDAD	14.433	15.642	15.056	16.793	16.374	15.939	15.270	16.743	18.440	18.382	17.550	18.873
3341	ELECTRICIDAD	14.433	15.642	15.056	16.793	16.374	15.939	15.270	16.743	18.440	18.382	17.550	18.873
3350	GASTO EN SEGURIDAD	152	247	102	100	224	94	213	102	170	299	95	710

Fuente: VI encuesta de Presupuesto Familiar INE

<sup>35</sup> IV Quintil: Familias cuyo ingreso per cápita sea igual o inferior a \$254.627.-

<sup>36</sup> Encuesta que permite conocer el consumo de los hogares en Chile. Se realiza cada 10 años y su información es la base para elaborar la canasta de productos y servicios que mide el Índice de Precios al Consumidor (IPC).

**Cuadro N°6. Gasto Mensual Gas Licuado Promedio por Hogar  
Por Grupo de Quintil de Hogares  
Noviembre 2006-Octubre 2007**

CÓDIGO	PRODUCTOS	GASTO MENSUAL PROMEDIO (Pesos Abril 2007)				
		GRUPO QUINTIL (Hogares Ordenados de Acuerdo al Ingreso del Hogar)				
		1	2	3	4	5
3200	AGUA POTABLE	7.401	8.820	10.116	11.475	16.923
3210	AGUA POTABLE	7.401	8.820	10.116	11.475	16.923
3211	AGUA	7.401	8.820	10.116	11.475	16.923
3300	COMBUSTIBLE Y ELECTRICIDAD	18.544	23.408	27.908	34.308	52.546
3310	CARBÓN Y LEÑA	748	419	687	1.045	1.559
3311	CARBÓN Y LEÑA	748	419	687	1.045	1.559
3320	PARAFINA	957	1.149	1.476	1.314	1.031
3321	PARAFINA	957	1.149	1.476	1.314	1.031
3330	GAS	5.708	7.927	9.933	13.600	24.983
3331	GAS DE CAÑERÍA	16	0	37	48	22
3332	GAS LICUADO	5.692	7.927	9.896	13.552	24.961
3340	ELECTRICIDAD	11.130	13.879	15.555	18.159	24.407
3341	ELECTRICIDAD	11.130	13.879	15.555	18.159	24.407
3350	GASTO EN SEGURIDAD	0	34	256	190	567

Fuente: VI encuesta de Presupuesto Familiar INE

### 3.3.2.1 INSTRUMENTOS DE FINANCIAMIENTO ESTATAL EN SISTEMAS SOLARES TERMICOS

- **PARA VIVIENDA EXISTENTE**

#### **INSTALACION DE COLECTORES SOLARES CON SUBSIDIO**

Se puede aplicar un subsidio para instalación de colectores solares con cargo al Programa de Protección del Patrimonio Familiar del Ministerio de Vivienda y Urbanismo que en su Título II financia Proyectos de Mejoramiento de la Vivienda, desde 2009 permite también financiar Obras de Innovaciones de Eficiencia Energética<sup>37</sup>, dentro de los cuales están los colectores solares, lo negativo es que este Programa otorga subsidio sólo a viviendas de hasta 650 UF, es decir alrededor de \$ 13.610.000<sup>38</sup> lo cual es bastante bajo.

<sup>37</sup> Obras de Innovaciones de Eficiencia Energética: Obras que aborden proyectos de innovaciones tecnológicas que contribuyan a mejorar la eficiencia energética de la vivienda o en bienes comunes construidos de una copropiedad a intervenir, de manera de rebajar los gastos generales, costos de mantención y/o los cobros por servicios básicos. Los proyectos a financiar pueden ser, entre otros, colectores solares, iluminación solar, tratamientos de separación de aguas u otros similares.

<sup>38</sup> Valor UF al 01.01.2010 \$20.939,49

Este subsidio considera un aporte en UF dependiendo de la comuna del país en que se encuentre la vivienda (Anexo 2). Todo esto está reglamentado en el D.S 255. Este es el único subsidio que existe para viviendas habitadas (no nuevas).

- **PARA VIVIENDA NUEVA**

- **LAS NUEVAS CONSTRUCCIONES QUE ESTÉN ACOGIDAS A LA LEY 20.365 RESPECTO A FRANQUICIA TRIBUTARIA RESPECTO DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS (SST)**

Países como España, Alemania e incluso EE.UU., han optado por crear las condiciones especiales a través de la legislación con el fin de incentivar el desarrollo paulatino de las energías renovables, otorgando subvenciones, primas e incentivos que permitan rentabilizar negocios que de lo contrario no se desarrollarían.

El objetivo de la franquicia en Chile es crear las condiciones para el desarrollo del mercado de los sistemas solares térmicos para ACS, mediante un instrumento de subsidio fiscal que logre impulsar la demanda.

Esta franquicia tributaria, en principio, es sólo aplicable a viviendas de nueva construcción. El beneficio regirá desde el 24 de agosto de 2010 para las viviendas cuyos permisos de construcción o las respectivas modificaciones de tales permisos se hayan otorgado a partir del 1 de enero de 2008 y que hayan obtenido su recepción municipal final a partir del 26 de mayo del 2010 y antes del 31 de diciembre del 2013.

### **El Beneficio De La Franquicia Tributaria. (Anexo N°3)**

- Crédito tributario para financiar SST destinados al calentamiento de agua sanitaria.
- Los que perciben el beneficio tributario son las empresas constructoras que lo descuentan contra su pago del IVA.
- Aplica para viviendas nuevas cuyo valor es menor a 4500 UF.
- El monto del beneficio varía por año, por tipo de instalación (individual o colectiva) y por el valor de la vivienda.

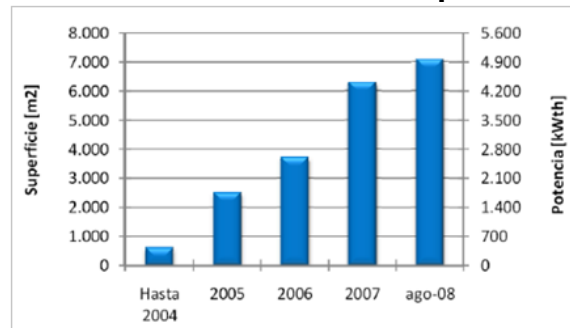
- Vigencia por 5 años, desde la publicación del Reglamento.
- Regirá para aquellas viviendas cuyos permisos de construcción, o sus modificaciones, se hayan otorgado a partir del 1 de enero de 2008 y que hayan obtenido su recepción municipal en el período de vigencia del beneficio.

### 3.3.2.2 SITUACIÓN SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

La publicación de la Ley 20.365 propiciará un cambio positivo en el escenario de la industria solar térmica en Chile. Un estudio realizado por Corporación de Desarrollo Tecnológico<sup>39</sup> (CDT) muestra algunos detalles muy interesantes respecto a la situación en Chile en SST.

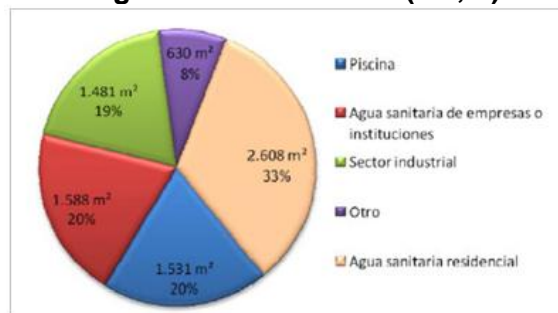
La evolución de la superficie de paneles instalados en los últimos años es bastante significativa, llegando a instalar unos 7.000 m<sup>2</sup> en 2008.

**Figura N°10. Evolución anual de superficie instalada**



Fuente: CNE y CDT

**Figura N°11. Superficie de Colectores Solares Térmicos según sector año 2007 (m<sup>2</sup>,%)**



Fuente: CNE y CDT

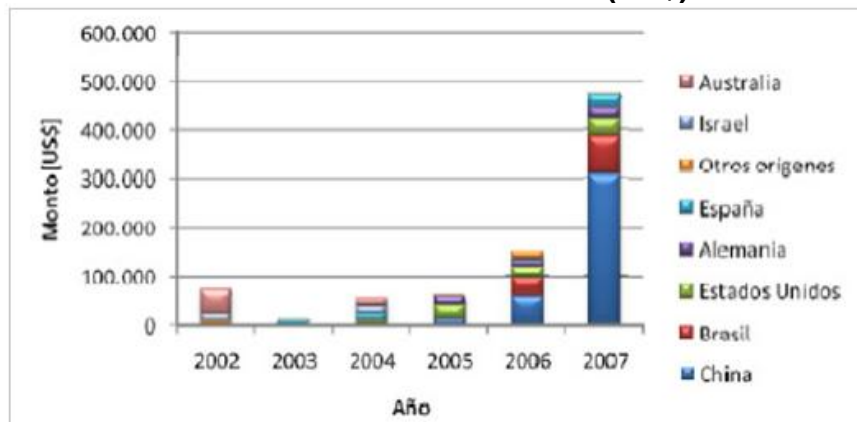
<sup>39</sup> La CDT es una Corporación de derecho privado creada por la Cámara Chilena de la Construcción en 1989, cuya misión actual es promover la innovación y desarrollo tecnológico de las empresas del sector construcción mediante cuatro áreas de desarrollo o servicio: Difusión Tecnológica, Estudios Sectoriales, Coordinación de Grupos de Interés Tecnológico y Transferencia Tecnológica

Actualmente hay unas 100 empresas que están relacionadas con los SST, la mayor parte de ellas, un 81%, trabajan y están ubicadas en la Región Metropolitana. A penas existe diferenciación entre las actividades que llevan a cabo: el 100% de las compañías se dedica a la distribución y venta. De estas empresas, casi el 90% también realiza la instalación. Los equipos en su mayoría son importados y de estos equipos importados, sólo una minoría pertenece a conocidas marcas internacionales.

En cuanto a la procedencia de los colectores que se comercializan en Chile, en 2007 más de la mitad de los paneles procedían de China.

Los sistemas de certificación y control permiten aumentar la barrera de entrada y salida de los diferentes agentes del sector, presentando un ritmo muy elevado de creación y desaparición de empresas o actividades. Esta situación es muy negativa para cualquier sector industrial ya que puede acabar generando desconfianza en los usuarios por la falta de garantías del mercado.

**Figura N°12. Origen Anual de Importación de Paneles Solares Térmicos (US\$)**



Fuente: CNE y CDT

• **Potencial**

Según un estudio del año 2006 (Estudio del mercado solar térmico chileno), el potencial máximo de demanda de SST en Chile se eleva a 6.308.500 m<sup>2</sup>. La mayor parte de este potencial, 70,8% corresponde a viviendas ya existentes, seguido con un 24,3% de la demanda en viviendas nuevas. El sector de la

minería con un 2,7%, turismo y los servicios de salud presentan el porcentaje más bajo, 0,2% respectivamente.

**Cuadro N°7. Potencial máximo de demanda de colectores solares térmicos en Chile según sector**

CATEGORIA	M2	%
Parque viviendas existentes	4.466.000	70,8
Parque viviendas nuevas (2008-2015)	1.535.000	24,3
Minería	172.900	2,7
Avícola	70.500	1,1
Mataderos	36.000	0,6
Turismo	12.700	0,2
Servicios de salud	15.400	0,2
Total	6.308.500	100

Fuente: CNE

A nivel regional y con un 58% del total, la Región Metropolitana es la región que presenta una mayor demanda potencial de colectores solares térmicos.

### 3.4 CAMBIO CLIMATICO MUNDIAL

El clima actual cambiará en los próximos años, a una velocidad mayor por el efecto de la acción del hombre. Lo estamos viendo cada día, hay más fenómenos meteorológicos extremos, más catástrofes de todo tipo: huracanes, tsunamis, terremotos, erupciones volcánicas, tormentas intensas, inundaciones, etc.

Existe un 90% de probabilidad de que el cambio climático se esté produciendo por la emisión humana de gases invernadero<sup>40</sup>. **El efecto invernadero** consiste en que los gases que componen la atmósfera retienen el calor del sol y evitan que escape al espacio, manteniendo al planeta en una cierta

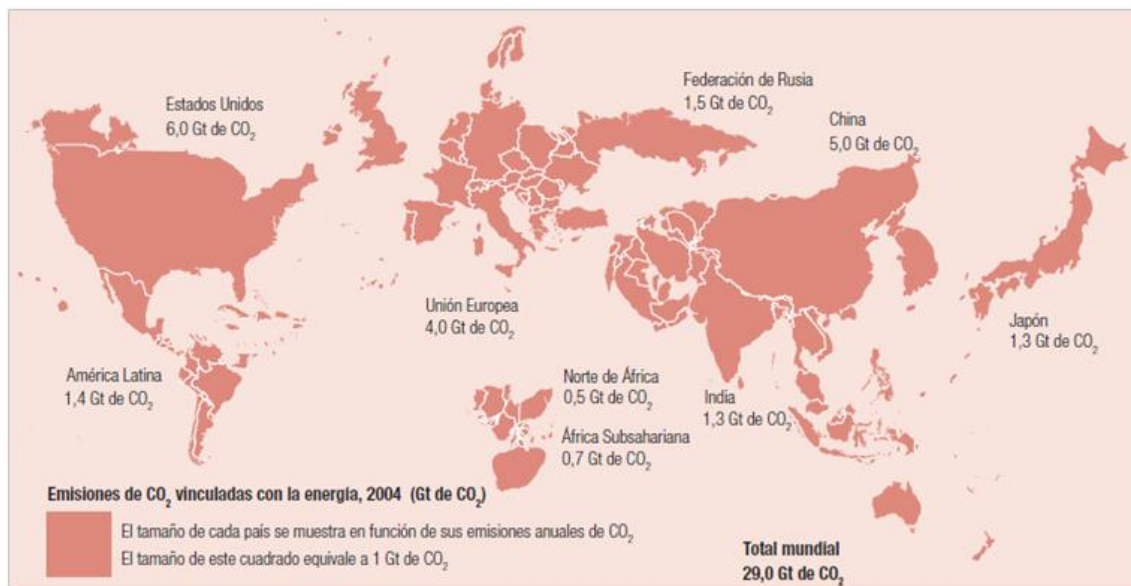
<sup>40</sup> Primer informe de 2007 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC).

temperatura<sup>41</sup>. En esto intervienen gases como el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el ozono (O<sub>3</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Este efecto es algo natural y es en gran parte responsable de que se mantenga la vida en la Tierra. El problema, es que la concentración de estos gases ha aumentado un tercio desde la Revolución Industrial y no por un proceso natural.

Todos los habitantes del mundo generan emisiones de CO<sub>2</sub> a niveles poco sostenibles, para tener tan sólo una idea de la magnitud, un habitante de Europa emite en promedio 11 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, un Estadounidense 22 toneladas.

Las reservas de carbón que existen en el planeta son una forma fácil de entender por qué, por ejemplo, EE.UU. es el país más generador de dióxido de carbono, liberando 2.500 millones de toneladas a la atmósfera cada año. Las plantas de energía de China son las segundas más contaminantes, liberando 2.400 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

**Figura N°13. Representación de la variación mundial de emisiones de CO<sub>2</sub>.**



Fuente: Informe sobre la lucha contra el cambio climático

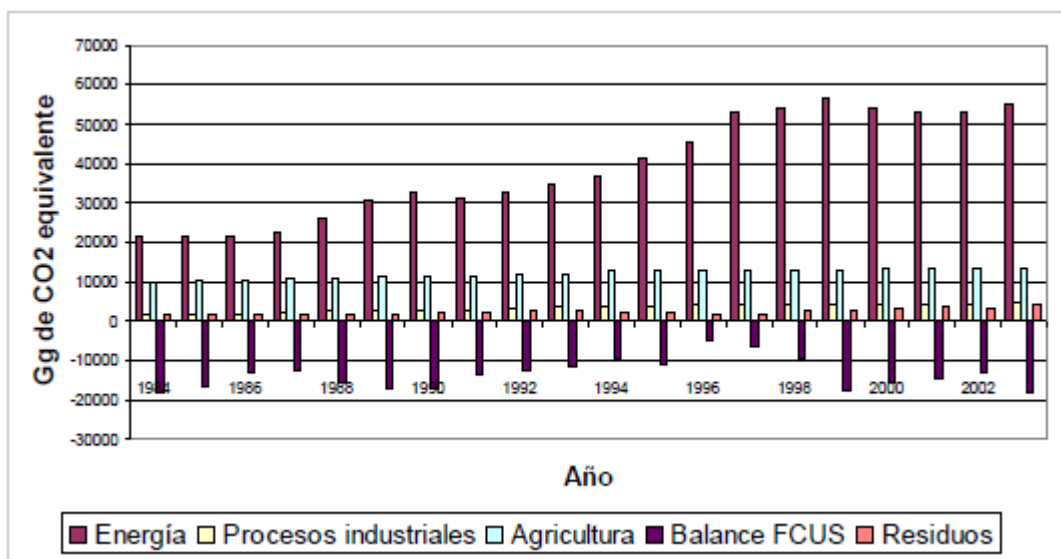
<sup>41</sup> En ausencia del efecto invernadero y una atmósfera gaseosa, la Tierra cuya temperatura media superficial es de 14°C (57°F) podría ser tan baja como -18°C (-0,4°F).  
<http://www.cambioclimaticoglobal.com/efecto-invernadero.html>

En el contexto mundial, Chile no es un emisor relevante de GEI. De acuerdo a estadísticas internacionales (Agencia Internacional de Energía, IEA; World Resources Institute, WRI), que consideran sólo las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como aquellas estadísticas que basan sus cálculos a partir de CO<sub>2</sub> equivalente, incluyendo las capturas de carbono asociadas al sector forestal y de cambio de uso de la tierra, su aporte es aproximadamente el 0,2% del total mundial de emisiones, habiéndose mantenido estable ese porcentaje en los últimos años.

Por otro lado, Chile aparece en la posición 90 respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en el mundo para el año 2004, con un valor de 3,9 ton CO<sub>2</sub>/habitante, de acuerdo al "Informe sobre desarrollo humano 2007-2008: la lucha contra el cambio climático", del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2007). En el contexto sudamericano, Chile aparece como el segundo país más alto en cuanto a este indicador de emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita después de Venezuela con 6,6 ton CO<sub>2</sub>/habitante (Anexo N°4).

En Chile, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> son generadas en su gran mayoría por el sector Energía.

**Figura N°14. Evolución de emisiones de CO<sub>2</sub> Chile 1984-2003**



Fuente: Estudios Poch Ambiental & INIA.CONAMA

### **3.4.1 COMO ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMATICO**

#### **3.4.1.1. La Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMNUCC)**

El tratado internacional Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se firmó en 1992 y los países firmantes<sup>42</sup> debían comenzar a considerar como reducir las emisiones de GEI y el calentamiento atmosférico. Además de reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de problemas relacionados con el cambio climático. Chile ratificó este tratado el año 1994.

Sus firmantes se comprometen a la meta de "estabilizar la concentración de gases invernadero en la atmósfera a niveles que eviten interferencias antrópicas con el sistema climático". La convención establece como meta provisional, reducir las emisiones de gases invernaderos a niveles del año 1990 para el año 2000. Se establece un protocolo para que las naciones hagan un inventario de emisiones y puedan seguir sus progresos. También enfrenta el tema de financiamiento y transferencia de tecnología desde los países desarrollados a los en vías de desarrollo.

La Convención reconocía que lo elaborado solo era un documento marco, es decir, un texto que debía perfeccionarse y desarrollarse en el futuro orientando eficazmente los esfuerzos frente al calentamiento atmosférico. En este sentido la primera adición al tratado fue el Protocolo de Kyoto que se aprobó en 1997.

#### **3.4.1.2 Protocolo de Kyoto**

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados<sup>43</sup> acordaron incorporar una adición al tratado CMNUCC, conocida con el nombre de Protocolo de Kyoto (PK), que cuenta con medidas más enérgicas (y jurídicamente vinculantes).

---

<sup>42</sup> Casi todos los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 192 países.

<sup>43</sup> los países industrializados o desarrollados son los países que engloban el Anexo I que pertenecen a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) más algunos países con economías en transición, como la Federación de Rusia, países Bálticos y varios países de Europa central y oriental.

Este acuerdo internacional tiene por objetivo principal disminuir el cambio climático antropogénico cuya base es el efecto invernadero, reduciendo para ello las emisiones de seis gases que causan el calentamiento global<sup>44</sup> en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

Los países en desarrollo<sup>45</sup> no tienen compromisos de reducción. Chile ratifica este acuerdo el año 2002.

El acuerdo ofrece flexibilidad en la manera en que los países pueden cumplir sus objetivos. Por ejemplo, pueden compensar parcialmente sus emisiones aumentando los “sumideros”<sup>46</sup>. Ello puede conseguirse bien en el territorio nacional o en otros países. Pueden pagar también proyectos en el extranjero cuyo resultado sea una reducción de los gases de efecto invernadero. Se han establecido varios mecanismos de flexibilidad con el fin de reducir GEI:

#### **3.4.1.2.1. Implementación Conjunta: Art. 6 del PK. Inversión de un país Anexo I en otro también Anexo I, en Proyecto de Limitación de Emisión o Fijación de Carbono.**

Los gobiernos patrocinadores recibirán créditos que podrán aplicar a sus objetivos de emisión; las naciones receptoras obtendrán inversión extranjera y tecnología avanzada (pero no créditos para conseguir sus propios objetivos de emisión; deben hacerlo ellos mismos).

La reducción de GEI se hará a través de proyectos orientados básicamente a:

- Fijación de CO<sub>2</sub> en el sector forestal, a través de proyectos de manejo sostenible en:

---

<sup>44</sup> Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

<sup>45</sup> Los países en vías de desarrollo (los que están incluidos en el Anexo II del Protocolo), entre los que se encuentran China y la India, no están sujetos a restricciones de emisiones GEI. Los motivos son dos. Por un lado las emisiones históricas que están provocando el calentamiento actual las originaron en el pasado los países desarrollados. Por otro lado si se limitaran las emisiones de los países en vías de desarrollo no se permitiría su progresión.

<sup>46</sup> Bosques, que eliminan el dióxido de carbono de la atmósfera.

- Plantaciones forestales
- Agroforestería
- Manejo de bosque
- Preservación de la biomasa almacenada en los bosques, evitando su deforestación.
- Reducción o eliminación de emisiones en los sectores de:
  - energía
  - agrícola
  - industria
  - manejo de desechos
  - transporte

#### **3.4.1.2.2. Comercio de Derechos de Emisión:**

##### **El “Mercado del Carbono”**

Mediante el Art. 17 del Protocolo de Kyoto, señala que este mecanismo de flexibilidad podrán participar los países con compromisos de reducción (países desarrollados).

Los proyectos de inversión elaborados en países en desarrollo pueden obtener ingresos económicos adicionales a través de la venta de créditos de carbono llamados “Certificados de Emisiones Reducidas” (CER)<sup>47</sup>, al mitigar la emisión de gases de efecto invernadero o secuestrando dióxido de carbono de la atmósfera.

De esta manera, una empresa chilena que disminuye sus emisiones de CO<sub>2</sub> u otros gases que producen el Efecto Invernadero puede vender esta "reducción" a empresas de países desarrollados, que estén obligados a reducir dichos gases.

Los países que no cumplan sus compromisos podrán “comprar” el cumplimiento, pero el precio puede ser alto. Cuanto mayor sea el costo, mayor

---

<sup>47</sup> Un CER equivale a una tonelada métrica de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir a la atmósfera, y puede ser vendido en el mercado de carbono a países Anexo I (países desarrollados del protocolo de Kyoto). Los tipos de proyecto que pueden aplicar a una certificación son, por ejemplo, generación de energía renovable, mejoramiento de eficiencia energética de procesos.

será la presión que sientan para utilizar la energía de manera más eficiente y para investigar y promover el desarrollo de fuentes alternativas de energía que tengan emisiones bajas o nulas.

**3.4.1.2.3. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): Art. 12 PK. Un país desarrollado (países Anexo I) invierte en un país en desarrollo (países Anexo II) en proyectos de limitación de emisiones o fijación de Carbono.**

De hecho el efecto en el cambio del clima de una tonelada de dióxido de carbono emitida o reducida en Londres o en Santiago es el mismo. Dada la distribución global de los GEI, la mitigación se ve reflejada en las cifras acumuladas de emisiones en el ámbito mundial, independientemente de la latitud donde hubiese efectivamente ocurrido.

Para los países en desarrollo, el MDL se presenta como una excelente oportunidad para atraer inversiones y transferir tecnología en proyectos de mitigación que sean adicionales a los planes nacionales de desarrollo sustentable.

En algunos sectores de la economía, la necesidad de incorporar una mayor eficiencia energética necesariamente desembocará en la adopción de procesos productivos que se caractericen por menores emisiones de GEI. Estos proyectos, que contribuyen al objetivo inicial de ahorrar energía y también son complementarios a los planes nacionales de desarrollo sostenible, podrían encontrar en el MDL una interesante fuente de financiamiento.

**3.4.1.2.4. COP15 EN COPENHAGUE**

La XV Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático se celebró en Copenhague en diciembre de 2009. La meta es preparar futuros objetivos para reemplazar los del Protocolo de Kioto, que termina en 2012 con un acuerdo jurídicamente vinculante sobre el clima, válido en todo el mundo. No contiene compromisos numéricos de reducción de emisiones ni especifica qué acciones de mitigación deberán efectuarse. No tiene un carácter vinculante. En la decisión que lo avala, las partes sólo "toman nota" del Acuerdo, lo cual implica

en términos generales, que se reconoce la existencia del Acuerdo pero no existe una adopción de la decisión.

### **3.4.2 Oportunidades de mercado para proyectos de reducción gases efecto invernadero Chile**

Desde el año 2005, cada año Chile participa en la Feria CarbonExpo, que se realiza en Colonia Alemania en el mes de mayo, lo que permite difundir un conjunto de nuevos proyectos que se traducirán en nuevos negocios para nuestro país, generando cambios de envergadura para nuestras empresas nacionales, además de contribuir al posicionamiento de la imagen país que Chile ha emprendido con tanto éxito durante los últimos años. (Anexo N°5)

La delegación nacional suele conformarse por entidades tales como CONAMA, CORFO, ProChile y empresas del sector privado interesados en desarrollar y vender proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio.

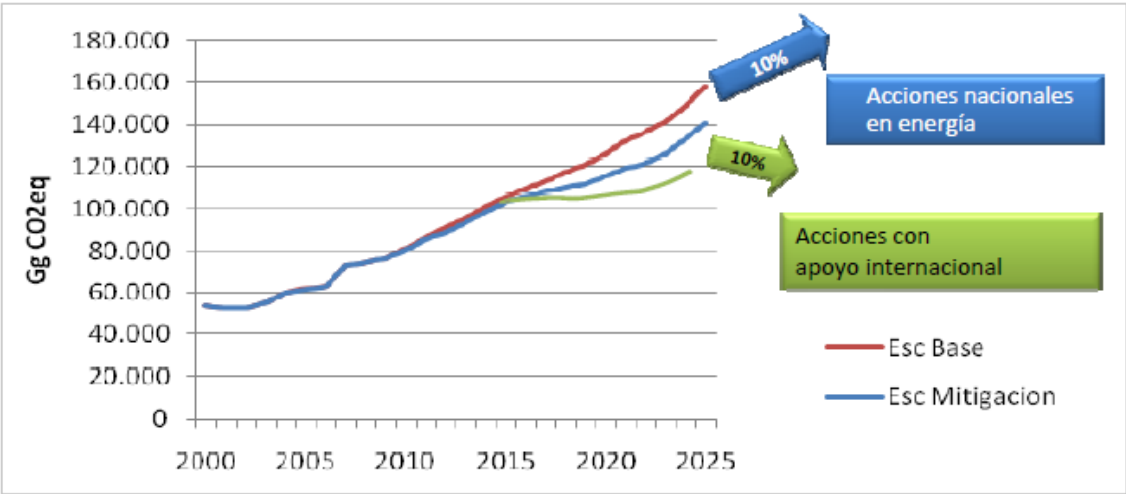
### **3.4.3. Objetivos Chile para el 2020**

En el mensaje a la Nación del Presidente de la República el 21 de mayo de 2010 donde dio a conocer que: "...En materia de gases invernadero, calentamiento global y biodiversidad, Chile se comprometió y cumplirá con una reducción del 20% al año 2020"

Por ello, Chile ha iniciado acciones de mitigación en áreas tan importantes como la eficiencia energética, las energías renovables, forestación y reforestación, así como, en la conservación de los bosques naturales y en mejoras en el sector transporte.

Sin embargo, es muy importante contar con financiamiento internacional para el logro del esfuerzo propuesto.

Figura N°15. Objetivos año 2020 en Emisión GEI.



Fuente: Estudio encargado por la CNE a POCH Consultores (2009)

## CAPITULO IV

### CALCULOS TÉCNICOS Y ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y COSTO EFICIENCIA

Una instalación solar no puede sustituir al 100% una instalación convencional de producción de agua caliente sanitaria (ACS). En la mayoría de los casos, se necesita una producción continua de ACS y por lo tanto se combina el sistema solar con un sistema de producción de agua caliente clásico (Sistemas Híbridos) funcionando con una energía convencional tipo calefón, termo eléctrico, etc.

La metodología utilizada para probar que técnicamente es factible la utilización de equipos de energía solar térmica, para suministrar agua caliente sanitaria, contempla principalmente el uso de herramientas de evaluación de proyectos.

El interés económico que representa una instalación solar térmica respecto a una instalación de producción de agua caliente funcionando con energía convencional se evalúa considerando el retorno sobre inversión que representa el sistema solar.

El interés medioambiental de una instalación solar térmica respecto a una instalación de producción de agua caliente con energía convencional se estima mediante la cantidad de energía convencional que el sistema solar permite sustituir y por lo tanto, la cantidad de gases efecto invernadero que permite evitar.

Hay muchos parámetros que influyen en el retorno sobre inversión de una instalación solar, así como también el impacto medioambiental de un sistema solar (GEI que permite evitar):

- la demanda energética inicial y su perfil a lo largo del año
- el precio de la energía sustituida
- la radiación solar
- el tamaño de la instalación solar.

Para poder evaluar los beneficios económicos del ahorro energético que implicaría la utilización de la energía solar en un sistema de obtención de agua caliente sanitaria, se utilizaron los datos de una vivienda unifamiliar.

El dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica se realizó mediante el método de las curvas  $f$  (F-Chart), que permite realizar simulaciones para el cálculo de cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Los costos de inversión y otros asociados al sistema con utilización de energía tradicional y convencional, corresponden a cotizaciones reales realizadas a proveedores nacionales, para las características de la vivienda unifamiliar utilizada para el caso en estudio.

## 4.1. EVALUACION SOLAR

### DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

#### UBICACIÓN Y CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

La vivienda unifamiliar está localizada en el municipio de Cerrillos, Santiago de Chile. Se ubica según las siguientes coordenadas geográficas (Anexo N°6):

Longitud: 70°42

Latitud: 33°30

Altura: 518m

La vivienda tiene una superficie de 72.77 mt<sup>2</sup> donde se levanta una vivienda que consta de dos plantas.

El estudio se realizó en base a paneles solares marca Junkers Modelo FKB-1S<sup>48</sup> (Anexo N°7).

Los datos de radiación solar resultan de la base de datos de la estación meteorológica de Santiago Pudahuel de la WRDC<sup>49</sup>, patrocinada por la Organización Mundial Meteorológica (WMO). Esta base está alimentada regularmente por datos de radiación solar provistas por la Dirección Meteorológica de Chile desde los años 80.

Los datos de la temperatura ambiente provienen de la Dirección Meteorológica de Chile.

La tabla siguiente presenta los promedios mensuales de la temperatura exterior para cada mes del año, temperatura del agua la red<sup>50</sup>, además los datos mensuales de la irradiación solar sobre un plano horizontal e inclinado.

---

<sup>48</sup> Información y precios colector solar ACS modelo Junker FKB-1S, entregada por empresa Secar Ltda.

<sup>49</sup> Centro Mundial de Datos de Radiación, WRDC por sus siglas en inglés.

<sup>50</sup> Las temperaturas del agua de la red están estimadas a partir de las temperaturas exteriores según el método EMS2 (European Simplified Method) extraído del informe de Análisis de implementación de Colectores Solares Térmicos en Ciudad Parque Bicentenario.

**Cuadro N°8. Temperatura y Radiación en la Vivienda**

Meses	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente [°C]:	19,90	19,20	17,20	13,90	10,80	8,40	8,10	9,30	11,40	13,70	16,40	18,80	13,9
Tª. media agua red [°C]:	11,1	12,3	13,5	14,7	15,9	17,1	18,3	17,1	15,9	14,7	13,5	12,3	14,7
Radiación horizontal [kJ/m²/día]:	23.100	20.400	15.500	11.000	6.700	4.800	5.400	8.100	10.900	16.400	20.800	23.300	13.867
Radiación inclinada [kJ/m²/día]:	49.178	27.874	17.468	11.105	6.524	4.681	5.257	7.977	11.472	18.554	34.833	60.360	21.274

Fuente: Elaboración Propia

**DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN****ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA CALIENTE SANITARIA**

En condiciones normales para una vivienda unifamiliar, las necesidades de agua caliente suelen estimarse en 40 litros de agua caliente a 45° por persona y día<sup>51</sup>. Por falta de información más detallada sobre una eventual variación mensual del consumo de ACS, se considerará un consumo continuo a lo largo de todo el año. Se considera entonces un consumo promedio diario de ACS para 5 personas a 45°C de 200 litros por día. Los valores de la tabla siguiente son calculados por el programa f-chart.

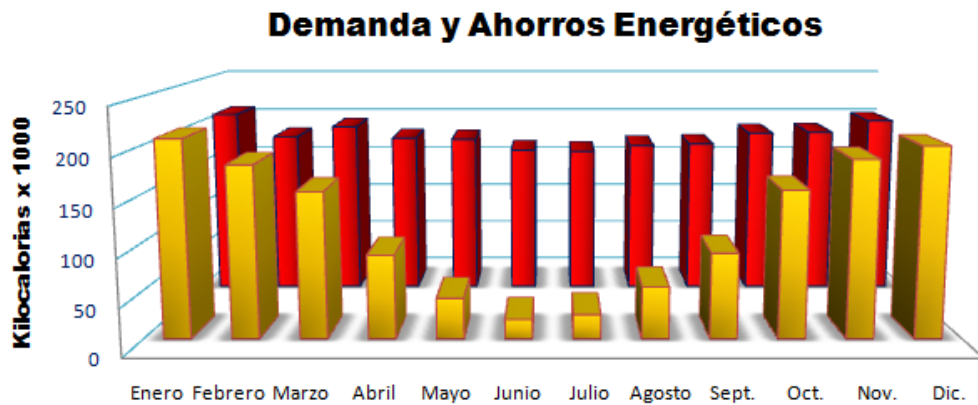
**Cuadro N°9. Cálculos Energéticos en ACS para la vivienda**

Meses	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Días mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Consumo agua (litros/día)	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	73000,0
Consumo de agua [m <sup>3</sup> ]:	6,200	5,600	6,200	6,000	6,200	6,000	6,200	6,200	6,000	6,200	6,000	6,200	73,000
Incremento Tª. [°C]:	33 ,9	32,7	31,5	30,3	29,1	27,9	26,7	27,9	29,1	30,3	31,5	32,7	
Demanda Energética [Kcal·1000]:	210	183	195	182	180	167	165	173	174	188	189	203	2.209
Ahorros [Kcal·1000]:	210	183	155	89	43	21	26	55	91	157	189	203	1.423
Ahorros [%]:	100,0	100,0	79,6	49,0	24,1	12,4	15,7	32,1	52,2	83,7	100,0	100,0	64,4

Fuente: Elaboración Propia en base al Programa F-Chart

<sup>51</sup> A priori, no están disponibles mediciones de consumo de ACS en Viviendas en Chile. Por lo tanto, se consideraron los valores habitualmente utilizados en Europa recomendados en el manual de concepción de instalaciones solares "Eau chaude solaire, Manuel pour la conception, le dimensionnement et la réalisation des installations collectives" ADEME, 2002.

**Figura N°16. Grafico Demanda y Ahorros Energéticos para la vivienda**



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
■ AHORROS	210	183	155	89	43	21	26	55	91	157	189	203
■ NECESIDADES	210	183	195	182	180	167	165	173	174	188	189	203

El consumo anual de ACS es de 73.000 litros para la vivienda unifamiliar compuesta por 5 personas. La demanda energética total que consume la vivienda es de 2.209.000 kcal/añual esto llevado a kwh serian 2569,067 kwh/año.

La energía ahorrada es de 1423 kcal\*1000 anual, lo que equivale a 1654,949 kwh/año<sup>52</sup>. El 64.4% de ahorro energético anual se traduce en ahorro en el gas licuado utilizado en la vivienda unifamiliar en estudio.

### TARIFAS GAS LICUADO PETROLEO EN SANTIAGO

La energía del combustible consumido para producción de ACS se medirá en base a su PCI<sup>53</sup> para obtener la energía en kwh.

La evaluación de los ahorros que generaría la instalación solar se realizó en base a los costos de los cilindros de gas licuados de 45 Kg extraído de las tarifas de Gasco hasta el mes de agosto de 2010; a continuación se muestra un resumen del cálculo para estimar la energía que entregaría un balón de esta dimensión, así como su valoración económica.

<sup>52</sup> Cálculos para convertir energía en kwh "Energy Unit Conversion Calculator".

<sup>53</sup> Poder calorífico inferior es el calor realmente aprovechable, el producido sin aprovechar la energía de la condensación del agua y otros procesos de pequeña importancia, llevándolo a su más mínima expresión

**Cuadro N°10. Cálculos estimación PCI neto en kwh cilindros de gas licuados de 45 Kg.**

Número de kilos de gas licuado	1
kcal PCS / kg gas licuado	12.100
Número de kcal PCS	12.100
PCI / PCS gas licuado	0,90
Número de kcal PCI	10.890
J / cal	4,1868
Número de J PCI	45.594.252
J / kWh	3.600.000
<b>kWh PCI netos / kg de gas licuado</b>	<b>12,67</b>
<b>Valor de balón de 45 kg de gas licuado (Gasco Agosto 2010)</b>	<b>35.700</b>
<b>\$ / kg de gas licuado</b>	<b>793</b>
<b>\$ / kWh PCI neto</b>	<b>62,61</b>

Nota 1: PCI: Poder Calorífico Inferior, PCS: Poder Calorífico Superior.

Nota 2: El valor de Kcal PCS/kg de gas licuado se obtuvo del Balance Nacional de Energía para el gas licuado consumido en Chile.

Nota 3: Cuadro para calcular PCI neto en kwh, extraído de "Informe final análisis de alternativas tecnológicas con colectores solares en escuelas o internados rurales Chile".

A continuación se expone el cuadro resumen del Sistema Hibrido Solar-Gas licuado petróleo.

**Cuadro N°11. Sistema Hibrido Solar-Gas Licuado**

**SISTEMA HIBRIDO**

**SOLAR-GAS LICUADO**

<b>Demanda Energética</b>	<b>2569,067</b>	<b>kwh/año</b>
<b>Energía Convencional ahorrada anualmente por el sistema solar</b>	<b>1654,949</b>	<b>kwh/año</b>
<b>Precio de la Instalación Solar</b>	<b>1.949.090</b>	<b>\$</b>
<b>Tarifa de la energía sustituida (PCI gas licuado) según necesidades energéticas</b>	<b>62,61</b>	<b>\$kwh</b>
<b>Ahorros anuales realizados gracias al sistema solar</b>	<b>103.616</b>	<b>\$/año</b>
<b>Vida Útil</b>	<b>20</b>	<b>años</b>
<b>Retorno sobre inversión solar<sup>54</sup></b>	<b>18</b>	<b>años</b>
<b>Emisiones anuales de CO2 evitadas<sup>55</sup></b>	<b>375.91</b>	<b>kg/año</b>

Fuente: Elaboración Propia

<sup>54</sup> El retorno sobre inversión se calcula dividiendo el precio de la instalación solar por los ahorros netos anuales

<sup>55</sup> Cálculos realizados en Conversor de energía consumida en co2 equivalente.

#### 4.1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS SISTEMA HIBRIDO SOLAR-GAS LICUADO.

##### 4.1.1.1 VENTAJAS ECONOMICAS

- **Ahorro Energético Familiar;** Aunque la inversión inicial de la instalación solar sea mayor frente al sistema convencional (Anexo N°8), su coste de funcionamiento durante los más de 20 años de vida útil será irrelevante comparado con el de la compra de combustible, reparaciones y mantenimiento asociado al sistema convencional. Así, la instalación solar resulta económicamente más ventajosa, ya que toda la energía que se obtenga del sol mediante los captadores será ahorrada de consumirla. El ahorro energético se materializa en ahorro económico, el cual permite acabar amortizando el coste inicial de la instalación en un horizonte temporal que abarca la vida útil de los paneles.

Las familias gastan \$148.849 en GLP en promedio anualmente<sup>56</sup>, para el caso de la vivienda en estudio la familia demanda 2569,067 kwh/año lo que equivaldría a \$160.849 en GLP, pero al tener instalado el sistema solar, éste aporta un ahorro de 1654,949 kwh/año (64,4%) que equivale a \$103.616. Por lo tanto en un año la familia gastaría en GLP \$57.233 aproximadamente 1,6 cilindros de 45 kg<sup>57</sup> al año.

- **Reducción Dependencia Energética a nivel País;** Reduciría la dependencia energética que demanda Chile actualmente, que alcanza el 63,5% al contar con fuentes alternativas de generación como la energía solar térmica en los hogares chilenos, disminuyendo el consumo per cápita en GLP que actualmente llega a 65 kg/habitante/año.

---

<sup>56</sup> Según la encuesta de Presupuesto Familiar INE año 2007.

<sup>57</sup> Valor de balón de 45 kg de gas licuado \$35.700 (Gasco Agosto 2010)

- **Contribuye a dinamizar la economía** generando mayor cantidad de empleos, además aporta valor añadido a la vivienda, pudiendo servir de argumento de venta.

#### 4.1.1.2 VENTAJAS SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL

- **Es una energía limpia y segura e inagotable** (al menos en los próximos 6.000 millones de años)
- **Es una energía renovable que contribuye al desarrollo sostenible** Contribuye a un desarrollo sostenible en cualquier tipo de aspecto social, ayuda al respeto y cuidado del medio ambiente concientizando a grandes y niños.
- **Genera empleos** Su incremento provoca un aumento en inversiones y como consiguiente un aumento en mano de obra.
- **Ayuda en la lucha contra el cambio climático y efecto invernadero;** reduciendo de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, contribuyendo a cumplir con los acuerdos adoptados en el CMNUCC.

En un año el proyecto de instalación solar en la vivienda deja de emitir 375 kg de CO<sub>2</sub>. Si lo estimamos a los 20 años de vida útil que tienen los paneles nos daría 7.518 kg de CO<sub>2</sub> evitados a la atmosfera.

Si estos proyectos se masifican podrían reducirse aún más las emisiones de CO<sub>2</sub>, un ejemplo son las primeras viviendas sociales entregadas con energía combinada solar-gas en Santiago en septiembre del 2010<sup>58</sup>.

Este proyecto calentará 18.750 litros de agua y realizarán un aporte energético de hasta un 62% anual, se estima que se reducirán 51.4 toneladas de CO<sub>2</sub> al ambiente.

#### 4.1.2. DESVENTAJAS SISTEMA HIBRIDO SOLAR-GAS LICUADO

- **Requiere gran inversión inicial;** al compararlo con los sistemas convencionales a calefont, la alternativa solar térmica necesita de grandes

---

<sup>58</sup> El proyecto de 125 viviendas sociales definitivas de "Un Techo para Chile" en Lo Espejo, incluye sistemas solares-gas de alta eficiencia desarrollados por Junkers y Lipigas, que ayudarán a sus habitantes a ahorrar hasta un 70% del gas que utilizarían para el calentamiento de agua potable, y erradicará el campamento más grande de Santiago.

sumas de dinero para su instalación. Además de no contar con subvenciones por parte del gobierno, se hace aún más difícil la masificación de los sistemas solares térmicos.

- **Los ahorros energéticos dependen de la zona del país donde se ubique la instalación solar;** El nivel de radiación fluctúa de una zona a otra, los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados.
- **Se debe complementar este método de convertir energía con otros** toda instalación de sistemas solares térmicos debe complementarse con otro tipo de energía, en el caso de la vivienda unifamiliar se complementa con gas licuado, ya que el sistema solar entrega un 64% de aporte energético durante el año el resto lo debe hacer el gas licuado en los meses de invierno donde contamos con menores radiaciones.

Según los resultados, este proyecto híbrido solar-calefont para agua caliente sanitaria en la vivienda unifamiliar del caso en estudio no sería viable, ya que el tiempo de amortización es demasiado amplio para hacer rentable el proyecto. Si existieran mayores aportes, subvenciones o ayudas del gobierno este tipo de inversión solar térmica sería más rentable de realizar.

#### **4.1.3. SUBVENCIONES VIABLES EN SST EN CHILE**

Si aplicamos en Chile las ayudas y subvenciones que entrega el sistema estatal español a los sistemas que produzcan energía solar térmica a viviendas, podríamos mencionar los siguientes:

- **Incentivos Financieros;** este incentivo es para los sistemas no conectados a la red, que produzcan energía térmica doméstica o industrial, éste podría ir desde el 37% a un 50% del costo del panel.

Para el caso en estudio de la vivienda unifamiliar, si existiera este incentivo financiero en Chile los periodos de retorno de la inversión se reducirían de 18 años a 12 años con una subvención del 37% y a 9 años si fuera la subvención

del 50% haciendo más factible la posibilidad de instalación de paneles solares en los hogares.

#### **Cuadro N°12. Subvención en Energía Térmica para la Vivienda Unifamiliar**

<b>% Subvención</b>	<b>Inversión Inicial</b>	<b>Monto subvención</b>	<b>Precio Instalación Solar con subv.</b>	<b>Periodo Retorno Inversión</b>
37%	1.949.090	721.163	1.227.927	12 años
50%	1.949.090	974.545	974.545	9 años

Fuente: Elaboración Propia

- **Programa de Préstamos para inversiones en renovables;** este programa podría aplicarse en Chile a personas y Pymes que decidan invertir en aplicaciones de solar térmica cuya capacidad sea igual o superior a 20 kw. El préstamo cubre hasta un máximo de 1.5 M€ de la inversión aproximadamente \$1.090.230<sup>59</sup>.
- **Financiación Proyecto Arrendamiento Servicio;** servicios de asesoramiento y coordinación en todas las fases de ejecución y explotación de un proyecto de inversión (en materia de ahorro, eficiencia energética y energías renovables) con financiamiento al 100%.
- **Financiación Por Terceros;** el Estado financia la inversión, los equipos pasan a ser propiedad del estado hasta que éste recupere la inversión en su totalidad con los ahorros energéticos generados, después de esto pasan a ser de propiedad del cliente.

Cabe recordar que en España además de las subvenciones que entrega el estado, también en forma importante lo hacen las comunidades autónomas y los municipios que entregan diferentes tipos de ayudas, incentivos y subsidios para quienes inviertan en solar térmica, todo esto porque España incorporó criterios de eficiencia energética en el uso de energía solar térmica y fotovoltaica.

<sup>59</sup> Valor EURO 726,82 al 04.01.2010

## 4.2. EVALUACION COSTO-EFICIENCIA

A continuación se realizará una evaluación bajo un enfoque costo-eficiencia donde no se valoran los beneficios si no sólo los costos involucrados, para lograr tomar una decisión respecto a que alternativa es más conveniente instalar. El análisis se basa en un comparativo entre un sistema de producción de ACS tradicional a gas licuado, y un sistema de colectores solares respaldado por el mismo sistema tradicional a gas licuado, entregando los dos idénticos beneficios que sería el agua caliente sanitaria.

Para ello, necesitamos conocer la inversión, vida útil, y el total de costos operativos para cada una de las alternativas, luego se procederá a calcular el Costo Anual Equivalente<sup>60</sup> (CAE), pero para llegar a estos valores necesitamos calcular en primer lugar el Valor Actual de los Costos<sup>61</sup> (VAC) a diferentes tasas de descuento<sup>62</sup>.

<b>Inversión:</b>			
Inversión Calefont	536.779	Vida Útil	8 años
Inversión Solar	1.949.090	Vida Útil	20 años

	<b>Flujo Anual</b>	
	<b>Calefont</b>	<b>Solar</b>
<b>Gastos Operación</b>		
CV (Gas)	-160.849,28	-57.232,93
CF (Mantención)	-10.000,00	-20.000,00
<b>Total costos Operativos</b>	<b>-170.849,28</b>	<b>-77.232,93</b>

<sup>60</sup> El CAE permite comparar alternativas de distinta vida útil. Expresando todos los costos del proyecto en términos de una cuota anual, cuyo valor actualizado es igual al VAC de los costos del proyecto.

<sup>61</sup> El VAC se calcula cuando comparamos distintas alternativas de proyecto donde solo existen flujos de salidas de caja.

<sup>62</sup> La tasa de descuento es la tasa de retorno requerida sobre una inversión.

**Cuadro N°13. Evaluación Ahorros en Costos Anuales Incrementales  
Solar-Calefont**

	FLUJOS VAC		FLUJOS CAE		AHORROS COSTOS ANUALES INCREMENTALES S-C CAE
	Calefont(C)	Solar(S)	Calefont (C)	Solar (S)	
0%	-\$ 1.903.573,28	-\$ 3.493.748,56	-\$ 237.946,66	-\$ 174.687,43	\$ 63.259,23
1%	-\$ 1.844.062,67	-\$ 3.342.800,89	-\$ 241.001,09	-\$ 185.242,36	\$ 55.758,73
2%	-\$ 1.788.332,27	-\$ 3.211.959,07	-\$ 244.124,88	-\$ 196.432,88	\$ 47.692,00
3%	-\$ 1.736.088,39	-\$ 3.098.120,94	-\$ 247.316,88	-\$ 208.242,39	\$ 39.074,49
4%	-\$ 1.687.063,65	-\$ 2.998.710,70	-\$ 250.575,91	-\$ 220.650,38	\$ 29.925,52
5%	-\$ 1.641.014,28	-\$ 2.911.582,99	-\$ 253.900,71	-\$ 233.632,95	\$ 20.267,75
6%	-\$ 1.597.717,83	-\$ 2.834.945,60	-\$ 257.290,00	-\$ 247.163,48	\$ 10.126,52
6,956436%	-\$ 1.558.695,64	-\$ 2.770.074,44	-\$ 260.590,76	-\$ 260.590,76	\$ 0,00
7%	-\$ 1.556.971,08	-\$ 2.767.296,74	-\$ 260.742,46	-\$ 261.213,24	-\$ 470,77
8%	-\$ 1.518.588,15	-\$ 2.707.374,27	-\$ 264.256,75	-\$ 275.752,05	-\$ 11.495,30
10%	-\$ 1.448.247,33	-\$ 2.606.617,45	-\$ 271.465,30	-\$ 306.172,31	-\$ 34.707,01
15%	-\$ 1.303.434,67	-\$ 2.432.516,50	-\$ 290.470,53	-\$ 388.622,41	-\$ 98.151,88
20%	-\$ 1.192.355,01	-\$ 2.325.181,90	-\$ 310.738,95	-\$ 477.491,29	-\$ 166.752,34
25%	-\$ 1.105.521,13	-\$ 2.254.459,97	-\$ 332.096,89	-\$ 570.188,82	-\$ 238.091,93
30%	-\$ 1.036.462,20	-\$ 2.205.178,48	-\$ 354.382,19	-\$ 665.052,91	-\$ 310.670,72
40%	-\$ 934.960,19	-\$ 2.141.941,55	-\$ 401.167,32	-\$ 857.801,86	-\$ 456.634,54
50%	-\$ 865.145,02	-\$ 2.103.509,40	-\$ 450.136,12	-\$ 1.052.071,09	-\$ 601.934,97

Fuente: Elaboración Propia

Luego de llevar al momento actual mediante los flujos VAC, se deben considerar que las dos alternativas tienen diferentes vida útil, una forma de solucionar este problema es igualar los horizontes de evaluación y calcular el VAC, otra es calcular el CAE.

Luego de calcular las cuotas del costo anual equivalente de las dos alternativas (se aprecia la relación directa entre la tasa de descuento anual y el CAE, o sea que cuanto mayor sea la tasa mayor será el CAE), calculamos la diferencia de flujos CAE solar y calefont para determinar el ahorro de costos.

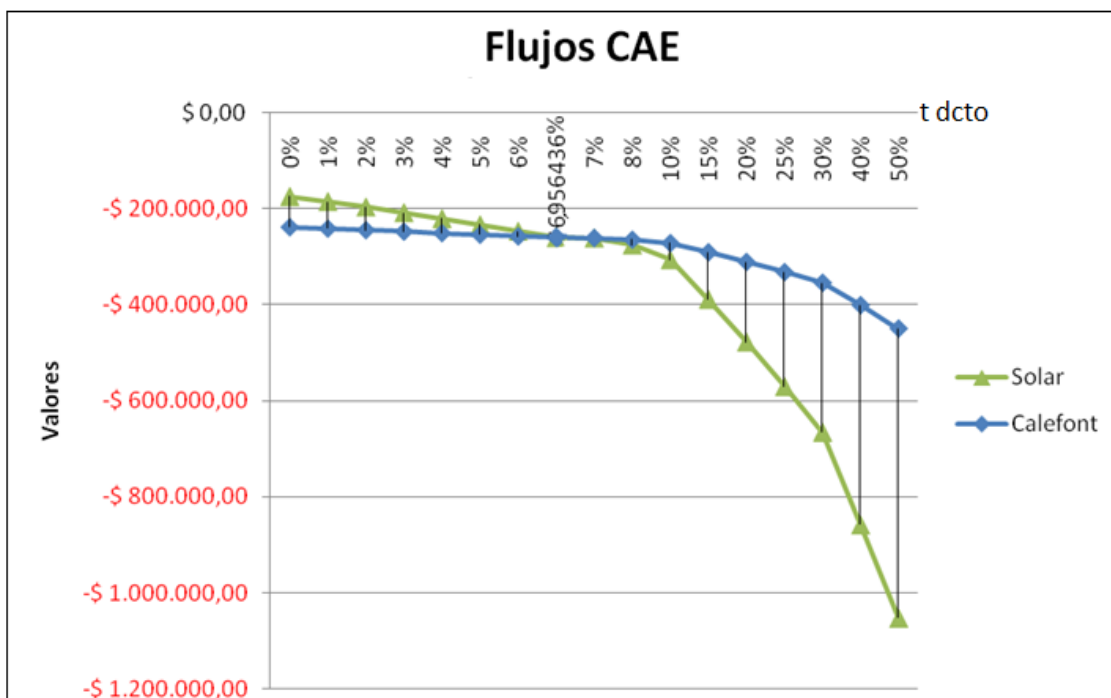
En los resultados de la última columna podemos darnos cuenta de la conveniencia de alternativas; a menores tasas de descuento, entre un 0 y un 6% vemos que la alternativa de invertir en colectores solares es más conveniente o aceptable. Esto debido a que el sistema solar entrega menores cuotas de CAE a diferentes tasas de descuento en este rango.

Cuando tenemos una tasa de descuento del 6,956436% llegamos al punto de equilibrio, podemos ver que nos es indiferente cualquiera de las alternativas, ya que entregan igual ahorro de costos, a tasas de descuento mayores al 7% la alternativa de invertir en calefont es más aceptable, porque las cuotas anuales del calefont pasan a ser menores frente a las de los paneles solares.

Otro tema que vale la pena mencionar es que para las tasas de descuento más altas se tiende a elegir alternativas que implican menor inversión inicial. Esto tiene su explicación en el hecho de que cuanto más alta es la tasa de descuento, mayor es el costo de mantener inmovilizados los fondos en el proyecto.

En el grafico de Flujos CAE, podemos ver claramente donde se produce el cruce o punto de equilibrio para las dos alternativas del estudio, a diferentes tasas de descuento.

**Figura N°17. Grafico Flujos CAE Solar-Calefont**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.1 SENSIBILIDAD PRECIO

Es necesario mencionar que existe libertad de precios para el GLP en Chile, las empresas fijan el precio sobre la base de no discriminación y publicidad. Sin embargo, hay que considerar previamente<sup>63</sup>:

- i.- Precio de paridad de importación: Determinado semanalmente por ENAP<sup>64</sup> acorde al precio internacional (el mercado relevante utilizado es Mont Belvieu en la Costa del Golfo de EE.UU.), más costos de transportes, refinación, comercialización, seguros, costos de internación y margen de importador.
- ii.- Precio de referencia, superior, intermedio e inferior: precio esperado a mediano y largo plazo. Determinado semanalmente por el Ministerio de Minería con informe de la CNE conforme a precio histórico, al proyectado a corto plazo y al proyectado a largo plazo.

El SERNAC es el Servicio Nacional del Consumidor en Chile y se encarga, entre otras tareas de medir el precio del GLP en los hogares chilenos. La Comisión Nacional de Energía, toma estos precios y los presenta en su Web para las diferentes Regiones y tipos de envase. En Chile el gas licuado petróleo se comercializa en cilindros de 5, 11, 15 y 45 Kgs. Para el caso en estudio se han considerado los valores para el cilindro de 45 kg.

**Cuadro N°14. Evolución de Precios GLP 45 Kg en la Región Metropolitana**

GAS LICUADO  45 KG	REGIÓN METROPOLITANA		
	GLP CORRIENTE	EVOLUCION PRECIOS GLP	
		INDICE 2000=100	TASA DE CRECIMIENTO
agosto-00	19.250	100	0
agosto-01	20.626	107,14	7,14
agosto-02	20.209	104,98	4,98
agosto-03	24.282	126,14	26,14
agosto-04	27.435	142,51	42,51

<sup>63</sup> PPT reglamentación del mercado chileno de distribución de GLP. Asociación Chilena de Gas Licuado A.G.

<sup>64</sup> Es la principal compañía refinadora del país, que abastece con casi el 80% de la demanda total de derivados del petróleo, el resto es importado por otras empresas (COPEC, Shell, Esso, Respsol YPF, etc). Para el GLP las empresas importadores son la propia ENAP, Gasmar S.A., Norgas S.A., Empresas Lipigas S.A., Gasco S.A., Abastible S.A.

agosto-05	27.667	143,72	43,72
agosto-06	32.966	171,25	71,25
agosto-07	33.610	174,59	74,59
agosto-08	42.758	222,11	122,11
agosto-09	31.156	161,84	61,84

Fuente: Elaboración propia respecto a valores de SERNAC.

Se procede a calcular los valores de PCI neto en kwh para cilindros de 45 kg de GLP al rango estimado (años 2000 al 2009), para luego determinar los flujos VAC y CAE, a una tasa fija del 5%, llegando a establecer los ahorros anuales que entregan las dos alternativas de inversión.

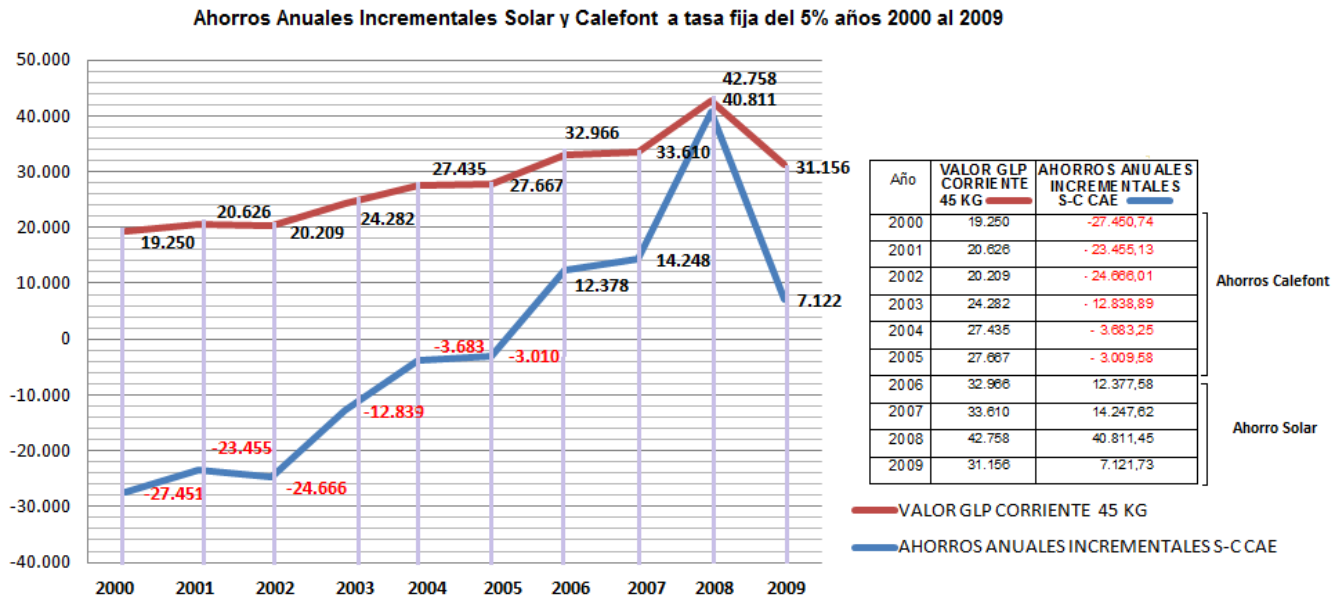
#### Cuadro N° 15. Evaluación Ahorros en Costos Anuales Incrementales Solar y Calefont a tasa fija del 5% años 2000 al 2009.

Año	VALOR GLP CORRIENTE 45 KG	VALOR PCI NETO KWH	FLUJOS CAE		AHORROS COSTOS ANUALES INCREMENTALES S-C CAE
			Calefont (C)	Solar(S)	
2000	19.250	33,76	-\$ 179.824,71	-\$ 207.275,45	-\$ 27.450,74
2001	20.626	36,19	-\$ 186.027,31	-\$ 209.482,44	-\$ 23.455,13
2002	20.209	35,46	-\$ 184.147,60	-\$ 208.813,60	-\$ 24.666,01
2003	24.282	42,60	-\$ 202.507,47	-\$ 215.346,36	-\$ 12.838,89
2004	27.435	48,14	-\$ 216.720,26	-\$ 220.403,51	-\$ 3.683,25
2005	27.667	48,54	-\$ 217.766,05	-\$ 220.775,62	-\$ 3.009,58
2006	32.966	57,84	-\$ 241.652,37	-\$ 229.274,78	\$ 12.377,58
2007	33.610	58,97	-\$ 244.555,33	-\$ 230.307,71	\$ 14.247,62
2008	42.758	75	-\$ 285.791,80	-\$ 244.980,35	\$ 40.811,45
2009	31.156	54,66	-\$ 233.493,42	-\$ 226.371,69	\$ 7.121,73

Fuente: Elaboración Propia

Para el año 2000 considerando una tasa fija del 5% podemos apreciar que a menores precios del GLP el sistema convencional calefont es más factible de invertir por los ahorros en costos anuales generados.

**Figura N°18. Grafico Ahorros en Costos Anuales Incrementales Solar y Calefont a tasa fija del 5% años 2000 al 2009**



El precio máximo que alcanzó el gas licuado petróleo en agosto del 2008 en la región metropolitana se debe a la valorización en el precio del petróleo, puesto que es un subproducto de esta materia prima; que durante ese año registro las mayores alzas de los últimos años producto de la crisis en EEUU, evidentemente un factor que explica esa subida es la especulación con el precio<sup>65</sup>; por lo tanto a una tasa fija del 5% para el año 2008, donde los precios se han elevado producto de la crisis en EEUU, el ahorro anual en costos por parte de los paneles solares es más notorio.

Por lo tanto, mientras mayores alzas se registren en el precio del petróleo mundial, lo que afecta los precios de sus derivados como el GLP, repercutirá en forma positiva los ahorros generados por instalaciones solares. Se puede demostrar que la energía solar es una garantía ante el incremento de los precios de los combustibles una vez realizada la instalación.

<sup>65</sup> La especulación petrolera se centra en los futuros del crudo. La mayor parte son empresas que buscan protegerse de las oscilaciones del precio como las aerolíneas, las empresas petroleras, los servicios públicos; los especuladores se adelantan a un fuerte crecimiento de la demanda, disminuyendo la oferta, o las dos cosas. Si al final la demanda no crece tanto como se espera, los precios actuales bajan.

---

## CONCLUSION

---

El potencial solar en Chile es incuestionable, se estima que bastaría utilizar sólo el 1% de la superficie del desierto de Atacama para producir energía desde el sol, lo que podría generar más electricidad que lo que proyecta HidroAysén en la actualidad. Dejando de depender de combustibles externos para producir energía favoreciendo en gran medida al país.

En Chile, la energía renovable no convencional es variada debido a la geografía envidiable del país; contamos con energía eólica, mini centrales hidráulicas, energía biomasa, energía geotérmica, mareomotriz, energía solar pero todas alcanzan la cifra del 2,7% de capacidad instalada a nuestra matriz energética. Para el año 2020 está el desafío de aumentar al 20% la participación de ERNC a la matriz, pero los proyectos en energía solar no están considerados.

A nivel domestico la energía solar es posible de ser utilizada como fuente energética, ya sea por conversión térmica o fotovoltaica, todo va a depender en que región o localidad se encuentre el proyecto a ejecutar para poder determinar la contribución solar que entregaría la instalación y ver si económicamente es factible de realizar; desde la primera hasta la séptima región el potencial de radiación solar es mayor, esto va declinando a medida que avanzamos hacia el sur, donde la radiación es mucho menor.

Actualmente la producción de agua caliente sanitaria para uso doméstico en Chile alcanza el 57% de los hogares, utilizando gas natural y/o licuado, petróleo, leña o electricidad, dependiendo del lugar o región donde se encuentre la vivienda. Una de las principales fuentes de energía requeridas para el calentamiento de agua sanitaria es el Gas Licuado Petróleo, en Chile el consumo per cápita asciende a 65 kg/habitante/año, gastando las familias \$148.849 como promedio anual según la VI encuesta de Presupuesto Familiar INE.

El mercado de sistemas solares térmicos en el país, ha ido en aumento durante los últimos años, actualmente llegan a 100 empresas, esto se debe a la fuerte dinámica del sector y la escasez de barreras de entrada y salida del mercado; pero esto trae como consecuencia la creación y desaparición elevada de empresas que se dedican a este rubro, esto genera desconfianza en los usuarios por falta de garantías del mercado.

Se estima que la demanda potencial de sistemas solares térmicos en Chile alcanzaría al 2015 un 70,8% para las viviendas ya existentes y un 24,3% de demanda para las viviendas nuevas. A nivel regional y con un 58% del total, la Región Metropolitana presenta una mayor demanda potencial de colectores solares térmicos.

Respecto al Cambio Climático, el país aporta aproximadamente el 0,2% del total mundial de emisiones de gases efecto invernadero generadas en su gran mayoría por el sector energía. Apareciendo en la posición 90 respecto a emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, lo que equivale a 3,9 ton CO<sub>2</sub>/habitante. Frente a la problemática del cambio climático, Chile puede ver la oportunidad de generar mayores recursos a través de la mitigación de gases de efecto invernadero en proyectos que se implementen en el país, a través de los certificados de emisiones reducidas que se comercializan en el mercado del carbono. Otra forma de oportunidad es a través de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, en donde países desarrollados invierten en nuestro país en proyectos de limitación de emisiones o fijación de carbono, para ello Chile participa en la Feria CarbonExpo en Alemania para difundir los nuevos proyectos que se traducirán en nuevos negocios para el país.

Luego de analizar el sistema híbrido-solar de la vivienda unifamiliar en estudio, vemos que el retorno sobre la inversión es muy amplio, extendiéndose a 18 años, siendo la vida útil de los paneles 20 años. Económicamente, el proyecto no es viable por su alta inversión y nula ayuda del gobierno, lo que hace insostenible instalar y masificar este tipo de energía en las familias en Chile. No

ocurre así, en las constructoras por efecto de las economías en escala en el número de usuarios. El precio a la hora de invertir disminuye al aumentar los elementos comunes que comparten el gran número de usuarios (paneles, depósito, tuberías, sistemas de control, etc.).

La instalación de colectores solares trae consigo ventajas que van en directo beneficio de las personas, la comunidad y el país. Los ahorros por concepto de gas licuado petróleo en la vivienda unifamiliar en estudio se reflejan en el 64% de ahorro energético que repercute directamente en ahorro de la fuente energética utilizada, que es el gas licuado, lo que equivale a \$103.616 anualmente.

Desarrollar energía solar, significa ayudar al medio ambiente porque estamos consumiendo menos energía convencional, y con ello reducimos considerablemente las emisiones de contaminantes, favoreciendo a la reducción de gases de efecto invernadero, la reducción de estos gases en la vivienda en estudio es un dato importante cuando estamos frente al Cambio Climático actual, se dejarían de emitir a la atmosfera 7.518 kg de CO<sub>2</sub> durante los 20 años de vida útil de los paneles solares, así también se reduce la dependencia actual que tiene el país frente al tema energético que alcanza el 63,5% al contar con fuentes alternativas de generación como es la energía solar térmica.

La baja demanda de colectores solares se puede explicar por la alta inversión inicial que representa un equipo solar térmico respecto a un sistema convencional a gas o electricidad: no existen subsidios a la inversión en instalaciones solares térmicas, solo existe una franquicia tributaria para viviendas que incorporen energía solar térmica que va en directo beneficio a las constructoras y es solo para viviendas nuevas. A nivel domestico, en viviendas usadas existe un subsidio pero solo para viviendas hasta 650 UF.

Es fundamental que el gobierno impulse el uso de energías limpias como son los paneles solares térmicos; a través de incentivos financieros, préstamos para

inversiones en renovables, subvenciones, etc. de esta manera la inversión sería más rentable de realizar, disminuyendo los periodos de retorno de la inversión para las familias que opten por este tipo de energía.

Siguiendo con el estudio, al efectuar la evaluación costo-eficiencia, donde se determinaron los ahorros de costos anuales incrementales Solar-Calefont, podemos ver que a diferentes tasas de descuento (hasta un 6%) la alternativa de invertir en colectores solares es más conveniente o aceptable a menores tasas, esto se debe a que el sistema solar entrega menores cuotas de CAE. A una tasa del 6,95% cualquiera de las alternativas nos es indiferente ya que entregan igual ahorro de costos. A tasas mayores a ésta, los ahorros en costos serán de parte de la alternativa calefont, al ser menores las cuotas de CAE en comparación a la alternativa solar.

Al aplicar una sensibilidad en el precio del gas licuado petróleo, fijando una tasa del 5% y considerando los valores del GLP corriente de 45 kg para un rango de años 2000 al 2009, podemos apreciar que a menores precios del gas el sistema convencional calefont es más factible de invertir por los ahorros en costos anuales generados. Cuando los precios se elevan los ahorros en costos se registran por parte de la alternativa solar. Queda demostrado que a mayores alzas en los precios del petróleo mundial afecta los precios del gas licuado petróleo a nivel local, generando mayores ahorros en dinero para las familias que tengan una instalación solar.

Por lo tanto la energía solar siempre será una garantía frente a las alzas en el precio del petróleo, al contar con una energía limpia y duradera como la solar térmica en los hogares.

La situación energética chilena, el crecimiento de los costos de las energías convencionales así como la toma de conciencia medioambiental de los chilenos pueden apoyar un crecimiento futuro del mercado.

## **ANEXO N°1: Feed-In Tariff en España y Alemania**

El Feed-In Tariff (en adelante FIT) es un instrumento normativo que impulsa el desarrollo de las ERNC, mediante el establecimiento de una tarifa especial, premio o sobre precio, por unidad de energía eléctrica inyectada a la red por unidad de generación ERNC. Es decir, interviene el precio que es recibido por el generador ERNC, obteniendo éste actor, claridad sobre el precio mínimo que le será pagado por concepto de electricidad. Este sistema surgió en EE.UU. con la Public Utility Regulatory Policies Act (conocida como PURPA) en 1978, siendo adoptado por aproximadamente 50 países y Estados, destacándose Alemania, España y Dinamarca.

Los elementos esenciales para que podamos entender la existencia del FIT son 3, que son entendidas como obligaciones. En 1er lugar, y quizás lo más característico de este instrumento, es que la autoridad establece una tarifa mínima, sobre precio o premio para la electricidad inyectada proveniente de ERNC, tarifa que se tiende a diferenciar según el tipo de energía, tamaño y ubicación de la central ERNC. En 2do lugar, se establece una obligación de acceso a las redes eléctricas a las centrales ERNC, para de esta forma asegurar que los generadores estarán en condiciones de entregar su producto. En 3er lugar, debe existir una obligación de compra de toda la electricidad inyectada al sistema. Dentro de los últimos años, los sistemas de FIT de Alemania y España han pasado a ser los modelos más reconocidos del FIT a nivel mundial, razón por la cual es pertinente analizarlos brevemente;

- El Sistema Alemán de FIT establece distintas tarifas para la energía eléctrica inyectada por las centrales, en razón del tamaño de la misma, ubicación y tipo de energía utilizada, las cuáles son aseguradas por un largo plazo (períodos fijos, por ejemplo tarifas hasta el año 2025). Esta diferenciación de las tarifas se fundamenta desde una lógica de evitar apoyar en sobre medida a centrales que por los factores que utilizan para generar electricidad se encuentran en una situación más competitiva y cercana a las energías

convencionales. Apoyar a centrales que no necesitan en la práctica de dichos incentivos o medidas de apoyo, solo se traduce en el uso ineficiente de los recursos. Por ej, las tarifas serán más altas para la energía solar y geotérmica, pero para las centrales hidráulicas entre 50 y 100 MW el apoyo será ínfimo. Los costos de establecer esta tarifa especial son asumidos por los consumidores, con un aumento en sus boletas de consumo eléctrico.

Otro elemento característico del FIT alemán, consiste en la disminución progresiva de las tarifas fijadas por la autoridad. Esto quiere decir que todos los años, las tarifas se reducen en un determinado porcentaje respecto de la fijada originalmente, para las centrales que entran en operación ese año. Por ejemplo, si una central entra en operación el primer año, podrá acceder al 100% de la tarifa por la duración de este beneficio (por ejemplo, 15 años), la que entra el segundo año puede optar al 95% de la tarifa por el plazo restante y así sucesivamente. Esa disminución no es en la misma medida para todas las tecnologías, sino que varía según el tipo de energía. De esta forma, se busca impulsar el desarrollo tecnológico de las tecnologías menos maduras con una disminución progresiva más fuerte, para que de esta forma las empresas dedicadas a la manufactura de estas tecnologías tengan la presión por parte de las empresas generadoras de continuar innovando.

- El FIT Español se diferencia principalmente del alemán, debido a que las tarifas especiales para las ERNC se basan en los Costos Marginales (CMg) promedio del año anterior, por lo que las tarifas ERNC van cambiando año a año, tomando como base una situación más cercana. Como en el sistema alemán, en este sistema existen tarifas diferenciadas según tipo de energía y tamaño, las que se calcularán en base al valor de los CMg del año anterior. Una diferencia, es que en España la tarifa será plana por un período determinado de tiempo (sin importar en qué año entró en funcionamiento la central), al cabo del cual se reduce por igual para todas las centrales de ese tipo de energía. Por ej, por un período inicial de 10 años la tarifa para la generación eólica será de 150% de los CMg, al cabo de los cuales baja a 125% por un período de 5 años.

## ANEXO N°2. Montos del Subsidio en UF por tramos del DS 255.

Los montos máximos de subsidio que regula el reglamento DS 255 se basan en tramos que dependerán de la comuna del país en que se encuentre la vivienda.

Título II	
Proyecto de Mejoramiento de la Vivienda	
Tramo	UF
1	50
2	55
3	60
4	65

En la tabla siguiente se singulariza la región metropolitana con sus correspondientes comunas y el tramo de subsidio que le corresponde.

Región	Comuna de Emplazamiento	Tramo	Región	Comuna de Emplazamiento	Tramo
Metropolitana	Alhué	2	Metropolitana	María Pinto	2
	Buín	2		Melipilla	2
	Calera de Tango	2		Nuñoa	2
	Cerrillos	2		Padre Hurtado	2
	Cerro Navia	2		Paine	2
	Colina	2		Pedro Aguirre Cerda	2
	Conchalí	2		Peñaflor	2
	Curacaví	2		Peñalolén	2
	El Bosque	2		Pirque	2
	El Monte	2		Providencia	2
	Estación Central	2		Pudahuel	2
	Huechuraba	2		Puente Alto	2
	Independencia	2		Quilicura	2
	Isla de Maipo	2		Quinta Normal	2
	La Cisterna	2		Recoleta	2
	La Florida	2		Renca	2
	La Granja	2		San Bernardo	2
	La Pintana	2		San Joaquín	2
	La Reina	2		San José de Maipo	2
	Lampa	2		San Miguel	2
	Las Condes	2		San Pedro	2
	Lo Bachecha	2		San Ramón	2
	Lo Espejo	2		Santiago	2
	Lo Prado	2		Talagante	2
	Macul	2		Tiltil	2
	Maipú	2		Vitacura	2

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo

**ANEXO N°3: Ley 20.365 Franquicia Tributaria respecto de sistemas solares térmicos.**

**Topes del Beneficio por Vivienda:**

Sistemas Individuales		Sistemas Colectivos	
Año	UF/Vivienda	SST<80m2 (a) UF/Viv	SST>120m2 (b) UF/Viv
2009	32,5	29,5	26,0
2010	32,0	29,0	25,5
2011	31,5	28,0	24,5
2012	31,0	27,5	24,0
2013	30,0	26,5	23,5

Para sistemas colectivos entre 80 m2 y 120 m2 se aplica la rampa:

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

B: Beneficio tributario (UF/Vivienda)

S: Superficie instalada de colectores solares térmicos

El valor de la vivienda incluye el valor de construcción más el valor del terreno.

**Coberturas según los valores de las viviendas:**

Coberturas según los valores de las viviendas	
Viviendas <= 2000 UF	100% del valor del sistema solar
2000 UF < Viviendas <= 3000 UF	40% del beneficio tope por vivienda
3000 UF < Viviendas <= 4500 UF	20% del beneficio tope por vivienda
Viviendas > 4500 UF	0%

El valor de construcción es aquel indicado en el respectivo contrato de construcción o el declarado al SII.

El valor del terreno es el valor de adquisición que se acredite o su avalúo fiscal.

Además, para que las empresas constructoras puedan beneficiarse de esta franquicia, los sistemas deben aportar un porcentaje mínimo, que depende de la

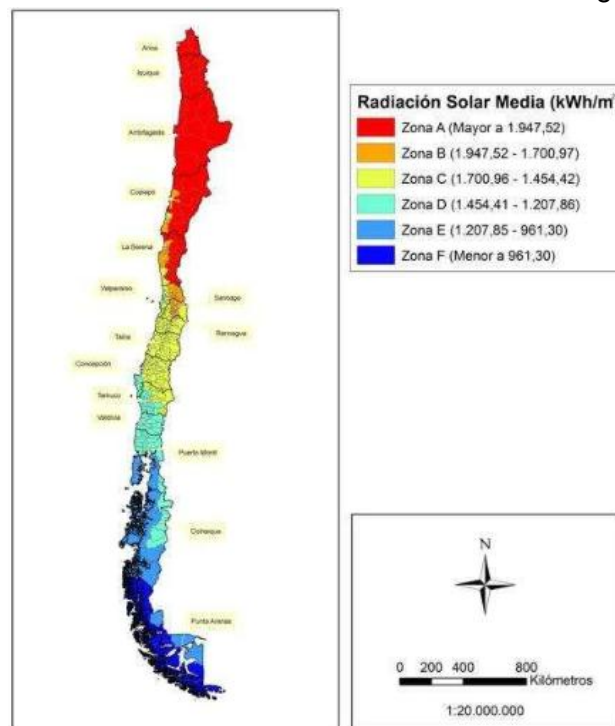
zona geográfica en la que esté situada la vivienda, del promedio anual de la demanda de ACS estimada para la respectiva vivienda.

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/m<sup>2</sup> por año en la zona norte del país, a los 900 – 100 kWh/m<sup>2</sup> 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 (Cuadro 9).

### Contribución solar mínima para cada zona climática

Zona Climática	MJ/m <sup>2</sup> /día	Radiación Solar Global Media (H)		Exigencia Mínima de Contribución Solar
		KWH/m <sup>2</sup> /día	KWH/m <sup>2</sup> /año	
A	19,4 <=H	5,3 <= H	1948 <= H	75%
B	16,9 <=H < 19,4	4,7 <= H < 5,3	1701 <=H < 1948	66%
C	14,5 <=H <16,9	4 <= H < 4,7	1454 <=H < 1701	57%
D	12 <=H <14,5	3,3 <= H < 4	1208 <=H < 1454	48%
E	9,6 <= H < 12	2,6 <= H < 3,3	961 <= H < 1208	39%
F	9,6 <= H	2,6 <= H	961 <= H	30%

Fuente: Reglamento Ley 20.365



## ANEXO N°4. Emisiones y acumulaciones de Dióxido de Carbono.

Clasificación según el IDH	Emisiones de dióxido de carbono <sup>a</sup>												
	Total		Cambio anual	Porcentaje del total mundial <sup>b</sup>		Per cápita		Intensidad de emisiones de CO <sub>2</sub> en generación de energía		Intensidad de emisiones de CO <sub>2</sub> del crecimiento		Emisiones de dióxido de carbono provenientes de biomasa forestal <sup>c</sup>	Acumulac. de dióxido de carbono en biomasa forestal <sup>d</sup>
	(Mt de CO <sub>2</sub> )	(%)	(%)	(%)	(t de CO <sub>2</sub> )	(t de CO <sub>2</sub> )	CO <sub>2</sub> por un. de uso de energía (kt de CO <sub>2</sub> por kt de eq. de petróleo)	CO <sub>2</sub> por un. del PIB (kt de CO <sub>2</sub> por millón de PPA en US\$ de 2000)	(Mt de CO <sub>2</sub> /año)	(Mt de Carbono)			
<b>DESARROLLO HUMANO ALTO</b>													
1 Islandia	2,0	2,2	0,7	(.)	(.)	7,9	7,6	0,93	0,64	0,32	0,24	-0,1	1,5
2 Noruega	33,2	87,5	11,7	0,1	0,3	7,8	19,1	1,54	3,17	0,31	0,53	-15,6	344,0
3 Australia	278,5	326,6	1,2	1,2	1,1	16,3	16,2	3,18	2,82	0,81	0,58	--	8.339,0
4 Canadá	415,8	639,0	3,8	1,8	2,2	15,0	20,0	1,99	2,38	0,66	0,69	--	--
5 Irlanda	30,6	42,3	2,7	0,1	0,1	8,8	10,5	2,94	2,78	0,55	0,31	-1,0	19,8
6 Suecia	49,5	53,0	0,5	0,2	0,2	5,8	5,9	1,04	0,98	0,26	0,21	-30,2	1.170,0
7 Suiza	42,7	40,4	-0,4	0,2	0,1	6,2	5,4	1,71	1,49	0,21	0,17	-6,1	154,0
8 Japón	1.070,7	1.257,2	1,2	4,7	4,3	8,7	9,9	2,40	2,36	0,37	0,36	-118,5	1.892,0
9 Países Bajos	141,0	142,0	(.)	0,6	0,5	9,4	8,7	2,11	1,73	0,41	0,30	-1,2	25,0
10 Francia	363,8	373,5	0,2	1,6	1,3	6,4	6,0	1,60	1,36	0,29	0,23	-44,2	1.165,0
11 Finlandia	51,2	65,8	2,0	0,2	0,2	10,3	12,6	1,76	1,73	0,46	0,45	-22,5	815,7
12 Estados Unidos	4.818,3	6.045,8	1,8	21,2	20,9	19,3	20,6	2,50	2,60	0,68	0,56	-499,5	18.964,0
13 España	212,1	330,3	4,0	0,9	1,1	5,5	7,6	2,33	2,32	0,31	0,33	-28,3	392,0
14 Dinamarca	49,8	52,9	0,5	0,2	0,2	9,7	9,8	2,78	2,64	0,42	0,33	-1,0	26,0
15 Austria	57,6	69,8	1,5	0,3	0,2	7,4	8,6	2,30	2,10	0,32	0,29	--	--
16 Reino Unido	579,4	586,9	0,1	2,6	2,0	10,0	9,8	2,73	2,51	0,47	0,34	-4,2	112,0
17 Bélgica	100,6	100,7	(.)	0,4	0,3	10,1	9,7	2,05	1,74	0,45	0,34	-3,7	65,3
18 Luxemburgo	9,9	11,3	1,0	(.)	(.)	25,9	25,0	2,77	2,37	0,78	0,48	-0,5	9,0
19 Nueva Zelandia	22,6	31,6	2,8	0,1	0,1	6,7	7,7	1,65	1,79	0,39	0,35	--	--
20 Italia	389,7	449,7	1,1	1,7	1,6	6,9	7,8	2,63	2,44	0,32	0,30	-51,9	636,0
21 Hong Kong, China (RAE)	26,2	37,4	3,1	0,1	0,1	4,6	5,5	2,46	2,18	0,23	0,19	--	--
22 Alemania	980,4 <sup>a</sup>	808,3	-1,3	4,3 <sup>a</sup>	2,8	12,3 <sup>a</sup>	9,8	2,75 <sup>a</sup>	2,32	0,58 <sup>a</sup>	0,38	-74,9	1.303,0
23 Israel	33,1	71,2	8,2	0,1	0,2	6,9	10,4	2,74	3,43	0,39	0,47	--	--
24 Grecia	72,4	96,6	2,4	0,3	0,3	7,1	8,8	3,26	3,17	0,49	0,43	-1,7	58,7
25 Singapur	45,1	52,2	1,1	0,2	0,2	14,9	12,3	3,37	2,04	0,99	0,48	--	--
26 Corea, República de	241,2	465,4	6,6	1,1	1,6	5,6	9,7	2,60	2,18	0,57	0,51	-32,2	258,0
27 Eslovenia	12,3 <sup>1</sup>	16,2	2,6 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>	0,1	6,2 <sup>1</sup>	8,1	2,46	2,26	0,51 <sup>1</sup>	0,43	-8,5	147,1
28 Chipre	4,6	6,7	3,2	(.)	(.)	6,8	9,2	3,02	2,58	0,52	0,45	-0,1	2,8
29 Portugal	42,3	58,9	2,8	0,2	0,2	4,3	5,6	2,39	2,22	0,30	0,31	-8,9	113,8
30 Brunei Darussalam	5,8	8,8	3,7	(.)	(.)	23,0	24,0	3,20	3,27	--	--	1,2	39,3
31 Barbados	1,1	1,3	1,3	(.)	(.)	4,1	4,7	--	--	--	--	--	--
32 República Checa	138,4 <sup>1</sup>	116,9	-1,3 <sup>1</sup>	0,6 <sup>1</sup>	0,4	13,4 <sup>1</sup>	11,4	3,20	2,57	1,03 <sup>1</sup>	0,66	-12,6	326,3
33 Kuwait	43,4	99,3	9,2	0,2	0,3	20,3	37,1	5,13	3,95	--	1,81	--	--
34 Malta	2,2	2,5	0,7	(.)	(.)	6,3	6,1	2,88	2,70	0,53	0,36	0,0	0,1
35 Qatar	12,2	52,9	23,9	0,1	0,2	24,9	79,3	1,76	2,93	--	--	--	--
36 Hungría	60,1	57,1	-0,4	0,3	0,2	5,8	5,6	2,10	2,17	0,50	0,37	-6,2	173,0
37 Polonia	347,6	307,1	-0,8	1,5	1,1	9,1	8,0	3,48	3,35	1,24	0,68	-44,1	895,6
38 Argentina	109,7	141,7	2,1	0,5	0,5	3,4	3,7	2,38	2,22	0,38	0,31	121,6	2.411,0
39 Emiratos Árabes Unidos	54,7	149,1	12,3	0,2	0,5	27,2	34,1	2,43	3,40	1,19	1,57	-0,7	16,6
40 Chile	35,6	62,4	5,4	0,2	0,2	2,7	3,9	2,53	2,23	0,47	0,38	-105,9	1.945,9
41 Bahrein	11,7	16,9	3,2	0,1	0,1	24,2	23,9	2,43	2,26	1,92	1,30	--	--
42 Eslovaquia	44,3 <sup>1</sup>	36,3	-1,5 <sup>1</sup>	0,2 <sup>1</sup>	0,1	8,4 <sup>1</sup>	6,7	2,45	1,98	0,96 <sup>1</sup>	0,51	-9,8	202,9
43 Lituania	21,4 <sup>1</sup>	13,3	-3,1 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>	(.)	5,7 <sup>1</sup>	3,8	1,92	1,45	0,67 <sup>1</sup>	0,32	-6,3	128,9
44 Estonia	24,9 <sup>1</sup>	18,9	-2,0 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>	0,1	16,1 <sup>1</sup>	14,0	3,96	3,66	2,46 <sup>1</sup>	1,12	--	167,2
45 Letonia	12,7 <sup>1</sup>	7,1	-3,7 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>	(.)	4,8 <sup>1</sup>	3,0	2,15	1,54	0,85 <sup>1</sup>	0,28	-13,9	230,9
46 Uruguay	3,9	5,5	2,9	(.)	(.)	1,2	1,6	1,74	1,91	0,18	0,19	--	--
47 Croacia	17,4 <sup>1</sup>	23,5	2,9 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>	0,1	3,9 <sup>1</sup>	5,3	2,59	2,66	0,52 <sup>1</sup>	0,48	-10,8	192,4
48 Costa Rica	2,9	6,4	8,5	(.)	(.)	1,0	1,5	1,44	1,73	0,15	0,17	3,4	192,8
49 Bahamas	1,9	2,0	0,2	(.)	(.)	7,6	6,7	--	--	0,46	--	--	--
50 Seychelles	0,1	0,5	27,2	(.)	(.)	1,6	6,7	--	--	0,13	0,44	0,0	3,7
51 Cuba	32,0	25,8	-1,4	0,1	0,1	3,0	2,3	1,91	2,41	--	--	-34,7	347,0
52 México	413,3	437,8	0,4	1,8	1,5	5,0	4,2	3,32	2,65	0,65	0,46	--	--
53 Bulgaria	75,3	42,5	-3,1	0,3	0,1	8,4	5,5	2,61	2,25	1,29	0,72	-18,3	263,0

Fuente: Informe sobre la lucha contra el cambio climático

**ANEXO N°5. Cartera de proyectos MDL Chile desde año 2004**

Proyecto	Empresa	Reducción estimada TCO2e	
		1 año	14 años
Transantiago	MOP	230.000	3.220.000
Planta Hidroeléctrica Hornitos	HGV	200.000	2.800.000
Granja Eólica Calama	CODELCO	119.250	1.669.500
Reforestación Millalemu	Forestal Millalemu	113.638	1.590.904
Planta Hidroeléctrica Valle Aguas Calientes	Luis Hernán Concha	99.546	1.393.644
Planta Hidroeléctrica Casualidad	Coop. Eléctrica de Osorno	66.161	926.254
Sustitución fósil con biomasa	Cementos Bio Bio	57.960	811.440
Ampliación Termoeléctrica Laja	Energía Verde	42.303	592.242
Planta Hidroeléctrica la Flor	Coop. Eléctrica de Osorno	42.133	589.862
Planta Hidroeléctrica Lenca	Cenelca S.A.	37.562	525.867
Planta Hidroeléctrica Licán	Inversiones Candelaria	27.651	387.108
Compost	Agrícola Pullihue	21.600	302.400
Sustitución of limestone	Cementos Bio Bio	20.240	283.360
Stock pile Biomass	Ingisterra	18.858	264.012
Sustitución fósil con biomasa	Cementos Bio Bio	15.400	215.600
Eficiencia térmica	Guacolda	15.000	210.000
Biogás evapora percolados y genera electricidad	KDM	14.881	208.333
Cogeneración gas natural	Soprole	12.294	172.116
Planta Hidroeléctrica Embalse Puclaro	Jta. Vigilancia Rio Elqui	11.600	162.400
Planta Hidroeléctrica Curacautin	Sello Verde	11.350	158.900
Cogeneración gas natural	Chilquinta	11.171	156.394
Planta Hidroeléctrica Cayucupil	Soc. Hidroeléctrica Cayucupil	10.079	141.106
Cogeneración gas natural	Chilquinta	7.519	105.266
Construcción 500 casas	Cámara Chilena de la Construcción	6.094	85.316
Construcción 4 edificios	Cámara Chilena de la Construcción	5.660	79.240
Eólico diesel islas de Chiloé	CNE	2.485	34.790
Planta Hidroeléctrica Rio Negro	Coop. Eléctrica de Osorno	2.358	33.012
Cogeneración Gas Natural	CCU	2.112	29.571
Cogeneración Gas Natural	Cia. Chilena de moldeados	1.661	23.254
Eólico Villa Las Estrellas	Wireless Energy	1.500	21.000
Total tCO2e		1.228.064	17.192.891
Total US\$ (3US\$/ tCO2e)		3.684.191	51.578.672

Fuente: Sofofa (Seminario Mercado del Carbono)

## ANEXO N°6. Ubicación y Descripción de la Vivienda

	<b>Cerrillos</b>  I. MUNICIPALIDAD <b>CERRILLOS</b> Escudo																					
	<table border="0"> <tr> <td><b>País</b></td> <td> Chile</td> </tr> <tr> <td>• Región</td> <td>Metropolitana</td> </tr> <tr> <td>• Provincia</td> <td>Santiago</td> </tr> <tr> <td>• Comuna</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Ubicación</b></td> <td> 33°30'S 70°43'O</td> </tr> <tr> <td>• Altitud</td> <td>517 msnm</td> </tr> <tr> <td><b>Superficie</b></td> <td>21 km<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><b>Fundación</b></td> <td>17 de marzo de 1981 (fundada como Cerrillos)</td> </tr> <tr> <td><b>Población</b></td> <td>71.906 hab. (2002)</td> </tr> <tr> <td>• Densidad</td> <td>3.424,10 hab./km<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><b>Gentilicio</b></td> <td>Cerrillano/a</td> </tr> </table>	<b>País</b>	 Chile	• Región	Metropolitana	• Provincia	Santiago	• Comuna		<b>Ubicación</b>	 33°30'S 70°43'O	• Altitud	517 msnm	<b>Superficie</b>	21 km <sup>2</sup>	<b>Fundación</b>	17 de marzo de 1981 (fundada como Cerrillos)	<b>Población</b>	71.906 hab. (2002)	• Densidad	3.424,10 hab./km <sup>2</sup>	<b>Gentilicio</b>
<b>País</b>	 Chile																					
• Región	Metropolitana																					
• Provincia	Santiago																					
• Comuna																						
<b>Ubicación</b>	 33°30'S 70°43'O																					
• Altitud	517 msnm																					
<b>Superficie</b>	21 km <sup>2</sup>																					
<b>Fundación</b>	17 de marzo de 1981 (fundada como Cerrillos)																					
<b>Población</b>	71.906 hab. (2002)																					
• Densidad	3.424,10 hab./km <sup>2</sup>																					
<b>Gentilicio</b>	Cerrillano/a																					



Fuente: Información proporcionada por Constructora Novatec



## ANEXO N°7. Ficha Técnica Junkers.

Descripción	Datos
Alto (mm)	1.705
Ancho (mm)	1.150
Fondo (mm)	2.365
<b>Captador</b>	
Modelo	2 FKB-1S
Placa absorbente	Parrilla tubos de cobre
Tipo soldadura	Ultrasonido
Tratamiento	Semi-selectivo en Laca Solar Negra
Tipo cubierta	Vidrio templado anti-impacto
Tipo marco	Fibra de vidrio
Tipo aislación	Lana mineral
<b>Acumulador</b>	
Modelo	TS 300-1 E
Capacidad total (l)	280
Volumen acumulación circuito primario (l)	20
Volumen acumulación circuito secundario (l)	280
Presión máx. de trabajo circuito primario (bar)	2,5
Presión máx. de trabajo circuito secundario (bar)	10
Diámetro (mm)	580
Longitud (mm)	1.850
Peso vacío (kg)	95
Disposición vaso expansión	Interior
Volumen vaso expansión	3
Tipo envolvente	Doble (agua y liquido caloportador)
Tipo vitrificado	Doble interior
Circuito solar	Independiente
Tipo aislamiento	Espuma de poliuretano
Resistencia eléctrica	Opcional
Tipo intercambiador	Doble envolvente (horizontal)
Recubrimiento exterior	Acero galvanizado lacado
Revestimiento interior	Doble esmaltado
Tipo aislamiento	Poliuretano, libre de CFC
Espesor aislamiento	50
Protección corrosión	Ánodo de magnesio
<b>Estructura</b>	
Material	
Tejado inclinado	35°
Tipo de perfil	Angular
Tipo de cubierta	Cubierta plana
Incluye	Fijaciones y kit hidráulico

Fuente: Información proporcionada por Empresa Secar Ltda

<b>Ficha Técnica Captadores Solares</b>			
<b>MODELO</b>	<b>FKB-1S</b>		
<b>Montaje</b>	Vertical	Factor de eficiencia	0,811
<b>Dimensiones[mm]</b>	1.145x2.070x90	Coef. Perdidas lineal [W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ]	3,653
<b>Área total [m<sup>2</sup>]</b>	2,37	Coef. Perdidas secundario [W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ]	0,0146
<b>Área de apertura [m<sup>2</sup>]</b>	2,25		
<b>Área del absorbedor [m<sup>2</sup>]</b>	2,23	Certificados	
<b>Volumen del absorbedor [l]</b>	0,86	Solar Keymark	
<b>Peso en vacío [kg]</b>	41	Angel Azul (FKC y FKT)	
<b>Presión trabajo max. [bar]</b>	6		
<b>Caudal nominal [l/h]</b>	50		
<b>Material caja</b>	Fibra de vidrio de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc		
<b>Aislamiento</b>	Lana mineral de 55 mm. De espesor		
<b>Absorbedor</b>	Selectivo		Semiselectivo
<b>Recubrimiento absorbedor</b>	PVD	Cromo negro	Laca solar negra
<b>Circuito Hidráulico</b>	Doble serpentín	Parrilla de Tubos	

**ANEXO N°8. PRECIOS COLECTOR SOLAR PARA ACS<sup>66</sup>**

1.0	EQUIPO PRINCIPAL	UNID	CANT	TOTAL
1.1	PANELES EQUIPO SOLAR FKB-1S. CON TRATAMIENTO SEMI SELECTIVO DE LACA SOLAR. TERMOSIFÓN JUNKERS	N°	2	
1.2	ACUMULADOR TS 300-1E DE DOBLE ENVOLVENTE DE 300 LTS DE CAPACIDAD UTIL CON POSIBILIDAD DE CALENTAMIENTO POR RESISTENCIA. VASO DE EXPANSIÓN INCLUIDO EN ACUMULADOR	N°	1	
1.3	ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA CUBIERTA INCLINADA REALIZADAS TOTALMENTE EN ALUMINIO	UNID	2	
1.4	ACCESORIOS DE CONEXIÓN FS 60 (14 MTS TUBERIAS, LLAVES DE CORTE EN EL SURTIDOR AGUA FRÍA PARA EL TERMOSIFÓN Y SALIDA AGUA CALIENTE)	N°	1	
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>1.245.591</b>

2.0	ACCESORIOS	UNID	CANT	TOTAL
2.1	KIT SOLAR:			152.117
	KIT SOLAR PARA CONEXIÓN DE CALENTADORES DE AGUA A GAS A SISTEMAS SOLARES	N°	1	
	JUEGO DE VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS (DESVIADORA Y MEZCLADORA)	UNID	1	
	SOPORTE PARA FIJACIÓN A LA PARED QUE PERMITE EL PASO DEL TUBO DE GAS.	UNID	1	
	JUEGO DE FLEXIBLES	N°	1	
2.2	BIDONES DE GLICOL - BIDÓN DE 10 LTS. (PROPILENGLICOL AL 30%)	UNID	2	38.503
<b>TOTAL ACCESORIOS</b>				<b>190.619</b>

<sup>66</sup> Información entregada por Empresa Secar Ltda. Presupuesto basado en paneles solares marca Junkers para viviendas unifamiliares.

3	MANO DE OBRA	UNID	CANT	VALOR P.U.	TOTAL
3.1	MANO DE OBRA. INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA	hd	8	25.210	201.681
				<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>201.681</b>
				TOTAL NETO	1.637.891
				IVA 19%	311.199
				TOTAL CON IVA	1.949.090
				Total m2 casa	72,77
				Costo instalación colector/m2	26784,25

**PRECIOS INSTALACION CALEFONT<sup>67</sup>**

1.0	GAS (BAJA PRESION)	UNID	CANT	VALOR P.U.	TOTAL
1.1	CAÑERIA CU 3/4" de punto 0 a 1 y 1 a 2	ML	7	2800	19600
1.2	CAÑERIA CU 1/2" de punto 1 a 3 y 3 a 4	ML	5,8	2200	12760
1.3	CAÑERIA CU 3/8" de punto 4 a 5	ML	5,6	1800	10080
1.4	AISLACION PLASTICA PARA GAS	ML	16	360	5760
1.5	LLAVE DE PASO 1/2"	Nº	2	3000	6000
1.6	LLAVE DE PASO 3/8"	Nº	1	2900	2900
1.7	TEE 3/4" X 3/4" X 1/2" HI	Nº	1	1200	1200
1.8	TEE 3/4" X 1/2" X 3/4"	Nº	1	950	950
1.9	TEE 1/2" X 3/8" X 1/2"	Nº	1	600	600
1.10	CODO 3/4"	Nº	4	740	2960
1.11	CODO 1/2"	Nº	4	320	1280
1.12	CODO 3/8"	Nº	4	300	1200
1.13	CODO 1/2" HE - SO	Nº	1	600	600
1.14	CODO 3/8" HI - SO	Nº	1	550	550
1.15	TAPAGORRO HI 1/2"	Nº	1	600	600
1.16	TAPA TORNILLO 1/2"	Nº	1	700	700
1.17	COPLAS 3/4"	Nº	1	550	550
1.18	COPLAS 1/2"	Nº	1	250	250
1.19	COPLAS 3/8"	Nº	1	220	220
1.20	TERMINAL 1/2" HI	Nº	1	550	550
1.21	TERMINAL 1/2 HE	Nº	1	500	500
1.22	CAÑERIA 1/4"	ML	0,3	1500	450
1.23	INSUMOS (soldaduras, teflon, etc.)	GL	1	30000	30000
1.24	CALEFONT TIRO FORZADO SPLENDID 10 LT. CON KIT INSTALACION	UN	1	109135	109135
1.25	CASETA CALEFON CON INSTALACION	UN	1	27000	27000
1.26	NICHO RD-8 MEDIDOR DE GAS CON INSTALACION	UN	1	20430	20430
1.27	PUERTA Y REJILLA NICHO MEDIDOR DE GAS	UN	1	17250	17250
1.28	MATERIALES PARA EXCAVACION (CHUZO, CARRETILLA, ETC)	UN	1	6000	6000
<b>TOTAL MATERIALES</b>					<b>280.075</b>

2	MANO DE OBRA	UNID	CANT	VALOR P.U.	TOTAL
2.1	MANO DE OBRA INSTALACION DE GAS	hd	3	30000	90000
2.2	EXCAVACION A MANO (RECORRIDO TUBERIAS)	HD	2	20000	40000
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>130.000</b>

<sup>67</sup> Información entregada por Constructora Novatec, respecto a costos de instalación en Agua Caliente sanitaria con calefont

3.0 EQUIPOS		UNID	CANT	VALOR P.U.	TOTAL
3.1	MAQUINA SOLDADORA	HM	5	7000	35000
3.2	EQUIPO DE GAS 11 KG	UN	0,5	12000	6000
				TOTAL MANO DE OBRA	41000
				TOTAL NETO	451075
				IVA 19%	85704,25
				<b>TOTAL CON IVA</b>	<b>536.779,25</b>
				Total m2 casa	72,77
				Costo instalación de gas/m2	7376,38

---

## BIBLIOGRAFIA

---

Comisión Nacional de Energía (2009). Plan Seguridad Energética de Chile.

Ballester, F.(2005), “Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud” en Revista Española de Salud Publica.

Comisión Nacional de Energía (2008), Guía del Mecanismos de Desarrollo Limpio para proyectos del Sector de energía en Chile.

Programa de Estudios e Investigaciones en Energía. Estudio de las Relaciones entre la Eficiencia Energética y el Desarrollo Económico.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Cambio climático situación actual y perspectivas en Chile.

Sarmiento P.(1995), *Energía Solar*, (3ra. ed.), Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso.

Programa Chile Sustentable, “Desarrollo Energético Sustentable: Impacto de los patrones energéticos y opciones alternativas”

Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).2010

Política Energética. Transformando la crisis energética en una oportunidad.CNE 2008

Perspectiva del Mercado FV Global hasta 2013. EPIA 2009.

CONAMA. Estudios Poch Ambiental & INIA.2009

Manual de concepción de instalaciones solares “Eau chaude solaire, Manuel pour la conception, le dimensionnement et la réalisation des installations collectives” ADEME, 2002.

Manual EERR. Energía solar térmica. Madrid 2006. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

Archivo Solarimétrico Nacional de la UTFSM. Irradiancia solar en territorios de la república de Chile. CNE / PNUD / UTFSM, 2008

VI encuesta de Presupuesto Familiar 2006 - 2007 INE. Gobierno de Chile

Primer informe de 2007 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC).

Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 “la lucha contra el cambio climático”

POCH Consultores (2009). Objetivos año 2020 en Emisión GEI.

[http://www.repsol.com/es\\_es/productos\\_y\\_servicios/productos/glp\\_butano\\_y\\_propano/paises/chile/](http://www.repsol.com/es_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/paises/chile/)

Informe final análisis de alternativas tecnológicas con colectores solares en escuelas o internados rurales Chile.

PPT reglamentación del mercado chileno de distribución de GLP. Asociación Chilena de Gas Licuado A.G.

Solar Thermal Markets in Europe Trends and Market Statistics 2008 May 2009.

Global market Outlook for photovoltaics until 2013.

Estudio del mercado solar térmico chileno. PNUD. CNE Gobierno de Chile

Análisis de la factibilidad de implementación de colectores solares térmicos en edificios modelo ciudad parque bicentenario. GTZ. CNE. SERVIU METROPOLITANO

Plan de acción nacional de cambio climático 2008-2012. CONAMA. Gobierno de Chile

Asistencia a Seminario sobre Eficiencia Energética, Energías Renovables y MDL. Efectuado por TECH4 CDM, Gobierno de España, IDAE, UE, Gobierno de Chile. 20 de Octubre de 2009.

- Políticas Públicas, Cooperación Internacional y el desarrollo de la Eficiencia Energética y las Energías Renovables. Comisión Nacional de Energía de Chile.
- Promoción de la Eficiencia Energética y las Energías Renovables en la Unión Europea y en España. Departamento de Relaciones Internacionales IDAE
- Cambio Climático: conceptos y tendencias en el Mercado del Carbono. DEUMAN

Asistencia a Seminario Mejorando la Gestión de las Empresas de Energía Solar. Efectuado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico. Nodo Solar. 30 julio 2009.

El Mercado del Carbono ¿Oportunidad real de negocios, hoy? Marcela Angulo Gerente Área Medio Ambiente y Metrología Química. Seminario Mercado del Carbono - SOFOFA