



CENTRO DE ENERGÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
Dirección: Plaza Ercilla 847, Santiago

**Contacto: Myriam Reyes Ramírez**  
**Email: [mreyes@centroenergia.cl](mailto:mreyes@centroenergia.cl)**  
**Teléfono: +56 2 2978 4203**

# **Resumen Resultados**

## **Inspección de Sistemas Solares Térmicos en Viviendas Multifamiliares y Unifamiliares**

Santiago, marzo de 2021



## Tabla de contenido

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                                                          | <b>2</b>  |
| <b>2. ALCANCE GENERAL .....</b>                                                                       | <b>2</b>  |
| <b>3. INSPECCIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS MULTIFAMILIARES.....</b>                                | <b>3</b>  |
| 3.1 PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS INSPECCIONES EN LOS SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS MULTIFAMILIARES ..... | 4         |
| <b>4. INSPECCIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS UNIFAMILIARES .....</b>                                 | <b>12</b> |

## 1. Introducción

El Ministerio de Energía, de acuerdo con su Ley orgánica, debe elaborar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector energético. Por otra parte, la Ruta Energética 2018-2022, en su eje 4, línea de acción 4, compromete actividades relacionadas con el fomento del mercado de usos térmicos o de calor de fuentes renovables.

En este contexto, los Sistemas Solar Térmicos (SST), son una tecnología relevante para resolver el problema de acceso al agua caliente sanitaria (ACS) y para otros tipos de procesos. Para ello, entre los años 2009 y 2013 rigió la ley 20.365 que estableció una franquicia tributaria para Sistemas Solares Térmicos, la cual se renovó el año 2014 para un segundo periodo de vigencia de 2015 a 2020 (Ley 20.897 que modifica ley 20.365).

De acuerdo con el Artículo 11 de la Ley 20.365 el Ministerio de Energía encargará a un organismo internacional la realización de una evaluación del impacto de la presente Ley, por lo cual Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH ha solicitado este levantamiento al Centro Energía de la Universidad de Chile.

El objetivo principal de este proyecto es generar antecedentes respecto al estado de funcionamiento de Sistemas Solares Térmicos instalados mediante la Franquicia Tributaria de la Ley N° 20.365 y el objetivo propuesto es analizar el estado de funcionamiento de SST instalados durante todo el periodo de implementación de la Ley N° 20.365, sobre una muestra representativa.

## 2. Alcance general

Por encargo del Ministerio de Energía y GIZ, se llevó a cabo una serie de visitas técnicas a SST para el calentamiento de ACS, en viviendas multifamiliares y unifamiliares.

El propósito general de las inspecciones a los sistemas es levantar información técnica del estado actual de los sistemas seleccionados y diagnosticar observaciones técnicas en los distintos elementos de conforman una instalación solar térmica para la evaluación de las acciones técnicas de los distintos sistemas instalados.

### 3. Inspección de sistemas solares térmicos multifamiliares

La muestra para inspeccionar final fue de 55 edificios, considerando 52 sistemas de la RM y 2 de la V región. La selección incluyó sistemas de diferentes tamaños, número de departamentos, distintas comunas y año de implementación. Preliminarmente se propuso una muestra de 50, pero se aumentó 5 más.

*Tabla 1: Número de SST Multifamiliares*

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Total, Nacional SST Multifamiliares | 216 |
| Total, RM SST Multifamiliares       | 146 |
| Muestra propuesta                   | 55  |
| Inspecciones                        | 44  |

Los sistemas técnicamente inspeccionados fueron 44, los restantes 9 para completar la muestra no fue factible visitar por diversos motivos, entre ellos, problemas de desplazamiento por emergencia sanitaria, interpretación de base de datos, entre otros..

El detalle de los edificios no visitados de la RM se entrega en la siguiente tabla:

*Tabla 2: detalle sistemas no visitados*

| NOMBRE PROYECTO            | DIRECCIÓN                              | COMUNA           | RECEPCIÓN MUNICIPAL | ETAPA FT |
|----------------------------|----------------------------------------|------------------|---------------------|----------|
| EDIFICIO ALMIRANTE LATORRE | Almirante Latorre 59                   | SANTIAGO         | 2018                | 2        |
| EDIFICIO VISTA PARQUE      | La Concepción 7633, La Florida         | SANTIAGO         | 2014                | 2        |
| EDIF. VISTA DEL PARQUE     | San Ignacio de Loyola 1498, Santiago   | SANTIAGO         | 2012                | 1        |
| EDIFICIO GENERAL VELASQUEZ |                                        |                  | 2011                | 1        |
| CORONEL SOUPER             | Coronel Souper 4438, Estación Central. | ESTACION CENTRAL | 2011                | 1        |
| EDIFICIO DOÑA ELENA        |                                        |                  | 2011                | 1        |
| EDIFICIO BARCELONA         |                                        |                  | 2012                | 1        |
| CONDOMINIO FRAY CAMILO     |                                        |                  | 2013                | 1        |
| EDIFICIO FRANCISCO ZELADA  |                                        |                  | 2018                | 2        |

### 3.1 Principales resultados de las inspecciones en los sistemas solares térmicos multifamiliares

En la siguiente tabla, se entregan los principales hallazgos obtenidos en las inspecciones técnicas, resumidos y divididos de acuerdo a los subsistemas que conforman cada sistema solar térmico.

| SUB SISTEMA DE COLECTORES                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | OBSERVACIÓN                                                                                                                                                                                                                         | CUMPLIMIENTO<br>REGLAMENTO                                                                                                                                                                          | COMENTARIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>TIPOS DE COLECTORES</b>                             | Todos los sistemas tienen colectores plano, con configuración horizontal y vertical, con parrillas tipo paralelo y serpentín en diferentes superficies y marcas.                                                                    | Sí. Los colectores se encuentran en el Registro de Productos Autorizados por SEC                                                                                                                    | 25 sistemas con parrilla paralela.<br>17 sistemas con parrilla tipo serpentín.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN</b>                       | En general la orientación en la totalidad de los colectores es la correcta con azimut de 0°. Mientras que la inclinación varía entre 10° a 35°.                                                                                     | Sí, los Proyectos SST cumplen el requerimiento de Contribución Solar Mínima en proyecto presentado. Se debe evaluar en la práctica dicha contribución térmica de acuerdo a la demanda del edificio. | El ideal de orientación en los captadores es de azimut 0° +- 10° y una inclinación entre 20° a 35°. La correcta inclinación se debe simular para ver la ideal conforme la demanda del usuario y previniendo un sobrecalentamiento en verano en inclinación menores a 20°.                                                                                                                                                                                                   |
| <b>ESTRUCTURA SOPORTANTE COLECTORES Y DISPOSICIÓN:</b> | Varía entre aluminio, acero galvanizado y acero negro pintado. La disposición de los colectores para la mayoría de los sistemas son baterías en filas.                                                                              | Sí, el Reglamento indica que debe existir una protección contra agentes externos.                                                                                                                   | Para algunas instalaciones (pocas) se detectó la utilización de sola una batería, siendo en algún caso muy problemático el acceso para ejecutar mantenciones. Por las cargas de los equipos y viento, se recomienda utilizar duro aluminio o acero galvanizado en caliente. El Acero negro pintado es propenso a corrosión cuando no hay correctas mantenciones. Se debe instalar diagonales en cada fila para absorber las cargas horizontales debidas a vientos y sismos. |
| <b>ACCESO, PISO TÉCNICO Y BARANDAS DE SEGURIDAD</b>    | En algunas instalaciones se pudo apreciar que no existe piso técnico para el tránsito del personal. Se suma el acceso y tránsito dificultosos y en algunos casos sin posibilidad de transitar. También indicar que no se consideran | Sí. El Reglamento no especifica nada respecto a buenas prácticas y normas sobre los accesos y pasillos.                                                                                             | De las visitas quedó en evidencia que el 90% de las instalaciones no tenían acceso fácil y no tenían piso técnico. Se indica que una buena práctica a considerar es que "el diseño de la instalación solar térmica                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | barandas de seguridad en el perímetro de las azoteas.                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | considere el cumplimiento de normas de seguridad, piso técnico y fáciles accesos al sistema general y todos sus componentes”. También se recomienda en caso que el edificio no cuente con barandas, la instalación de ellas. También dejar un perímetro libre de tránsito en el campo de colectores.                                                                                                 |
| <b>MATERIALIDAD EN TUBERÍAS.</b>              | La totalidad de los sistemas cuentan con cobre como material en tuberías del circuito primario y colectores. Salvo algunas con materiales de tuberías de PPR.                                                                                                                                                                        | Sí, se cumple con especificaciones del Reglamento                                                                                                                                                                                                                                                                            | Para el circuito secundario, es posible utilizar materiales plásticos tipo PPR, pero se debe controlar la temperatura y presión para que no se dañen las líneas hidráulicas. Se recomienda para no tener problemas, instalación de cobre en fluido caliente y PPR en agua potable fría.                                                                                                              |
| <b>EQUILIBRIO HIDRÁULICO</b>                  | Mayoritariamente las instalaciones solares térmicas no cuentan con equilibrio hidráulico.                                                                                                                                                                                                                                            | Sí, el Reglamento es muy escueto, solo indica que “el diseño debe considerar un circuito hidráulico equilibrado”, no especificando cuál es el mejor o no. Queda abierto al criterio del diseñador de la instalación,                                                                                                         | En terreno se verificó que existe una diversidad de formas utilizadas para equilibrar el circuito primario, pero no son efectivas. Se recomienda equilibrar hidráulicamente el circuito primario igualando las distancias de las tuberías con retorno invertido en fluido frío. Además de complementar con la instalación de válvulas de equilibrio hidráulico adecuadas en la entrada de cada fila. |
| <b> AISLACIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN UV</b> | La aislación con protección UV de tuberías y componentes, principalmente se encuentran correctamente instalada en proyectos ejecutados en el segundo período de vigencia de la Franquicia Tributaria respecto a las instalaciones solares del primer período, un motivo puede ser la exigencia de cumplir un contrato de mantención. | El Reglamento se cumplió. Sin embargo, para las instalaciones del primer período de la FT, ante fallos, estas nunca fueron reparadas o mantenidas por la comunidad. Caso contrario ocurre con las instalaciones del segundo período ya que la Ley 20.365 que exigió el cumplimiento de un contrato de mantención por 5 años. | Se resalta que el mantenimiento usualmente no considera el cambio de aislación o el reemplazo de esta ya que principalmente sólo se considera mano de obra. Por tanto, se sugiere indicar como buena práctica que la supervisión y recambio de la aislación quede plasmado y especificado en un contrato de mantención que sea exigible. Se recomienda la instalación de proyección                  |

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | UV rígida en tramos externos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>PURGADORES DE AIRE</b>               | Se detectó que principalmente se utilizan purgadores de aire automáticos y automáticos con llave de paso. En un porcentaje importante de instalaciones se detectó que los purgadores estaban defectuosos, malos o con ubicación incorrecta. Se detectó el no uso de desaireadores. | El Reglamento permite instalar purgadores automáticos, manuales o botellines de desaireación, más válvula de corte. Se cumple este detalle. Los purgadores defectuosos por incrustaciones son mayoritariamente de la 1° etapa de la Ley. La ubicación incorrecta de los purgadores es para proyectos de la 1° y 2° etapa de la Ley                                                                                           | <p>Una buena práctica que se debe aplicar, es la instalación de botellines desaireadores en los purgadores de aire.</p> <p>El ideal cuando no se utilizan botellín desaireador, es que sean instalados en la TEE de cobre de bajada, para favorecer la eficaz extracción de aire.</p> <p>Como el purgador de aire es el componente que funciona en condiciones extremas máximas de temperatura de fluido (líquido y vapor), se debe utilizar purgadores solares. Se debe asegurar el uso de agua destilada para evitar las incrustaciones.</p> |
| <b>VÁLVULAS DE SEGURIDAD COLECTORES</b> | No es recurrente el uso de válvulas de seguridad en el circuito primario.                                                                                                                                                                                                          | El Reglamento no indica instalación de VS en colectores.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Se deben instalar válvulas de seguridad en la parte fluido frío cerca del vaso de expansión y cerca de los colectores. Se recomienda disponer de válvulas de seguridad en zona de colectores, con el propósito de ser usada para labores de puesta en marcha, mantención y reparación del sistema.                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>FLUIDO CALOPORTADOR</b>              | De la inspección en terreno se apreció el uso de agua potable como fluido más la adición en algunos casos de propilenglicol.                                                                                                                                                       | <p>De acuerdo información levantada y aportada por SEC, existen registros que indican que al momento de fiscalizar, todo circuito se encuentra funcionando con fluido caloportador.</p> <p>Sin embargo, y de acuerdo a la información levantada en terreno, no se estaría cumpliendo lo indicado en el Reglamento, ya que se detecta de forma general, la mala práctica de utilizar agua potable en circuitos primarios.</p> | En los circuitos primarios, se debe utilizar agua desmineralizada, debido a que el agua potable posee minerales que precipitan al tener altas temperaturas, produciendo problemas de incrustaciones en las líneas hidráulicas, como también de corrosión en bombas debido al uso de bombas de material de hierro fundido. Además, el agua sin anticongelante puede producir congelamiento en invierno y dañando el sistema de colectores.                                                                                                      |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>Mala práctica que principalmente se ejecuta para reponer el fluido caloportador evacuado por un SST, principalmente por personal no especializado.</p> <p>Se debe considerar que el Reglamento no indica de forma explícita el uso de agua desmineralizada.</p> <p>Para los casos donde el fluido contiene propilenglicol cumplen con el requisito del Reglamento.</p> | <p>Las situaciones e inconvenientes que se pueden producir por la utilización de agua potable en el circuito primario, son factibles de evitar si la mantención de los SST fuera ejecutada de manera periódica y por personal calificado.</p> |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| SUB SISTEMA VASO DE EXPANSIÓN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | OBSERVACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | CUMPLIMIENTO<br>REGLAMENTO                                                                                                                                                    | COMENTARIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>VASO DE EXPANSIÓN</b>      | <p>Las instalaciones consideran la instalación del sistema de expansión en el circuito primario, prueba de ello es que pasaron la fiscalización de la SEC.</p> <p>Sin embargo, en algunas instalaciones, se detectó un problema de ubicación de los vasos de expansión que se puede adjudicar a un problema de diseño de las instalaciones.</p> <p>También se detectó vasos en mal estado y en algunos casos fueron eliminados.</p> <p>Se evidencio también el uso de vasos de expansión de bajo tamaño.</p> <p>Se encontraron instalaciones con vasos de expansión dispuesto a la intemperie.</p> | <p>En instalaciones de 2° etapa cuentan con vaso de expansión, pero se debe evaluar el correcto volumen.</p> <p>En sistemas se encontró que no poseían vaso de expansión.</p> | <p>La mala ubicación de los sistemas de expansión principalmente se debe a un problema de diseño de las instalaciones. Tanto en ingeniería como en la instalación.</p> <p>Los sistemas de la 2° etapa en su mayoría tienen bien instalado comparados con los de la 1°.</p> <p>Se debe evaluar el tamaño adecuado.</p> <p>Con el objetivo de mejorar el funcionamiento de las instalaciones solares, se sugiere que el Reglamento indique con mayor precisión la ubicación del sistema de expansión y el tamaño (volumen) adecuado.</p> |



| SUB SISTEMA DE BOMBEO |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | OBSERVACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | CUMPLIMIENTO<br>REGLAMENTO                                                                                                                   | COMENTARIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>BOMBAS</b>         | <p>Todas las instalaciones solares disponían de bombas de recirculación en el circuito primario, en su mayoría bombas para fluidos cálidos,</p> <p>Se detectó que mayoritariamente los sistemas de bombas estaban operativos, con bombas en buen estado. También se detectó mala ubicación de los equipos de bombeo, bombas malas o defectuosas, bombas no existentes, bombas con problemas de corrosión por oxidación, corrosión galvánica, incrustaciones.</p> | <p>Sí, se cumplen indicaciones del Reglamento, situación que se comprueba en que todos los Proyectos SST fueron fiscalizados por la SEC.</p> | <p>Mediante un procedimiento de fiscalización previo (documental) o la declaración de los proyectos en una plataforma informática, eventualmente, se podrían evitar casos de: Instalación de bombas para agua fría como bombas principales del circuito primario y la correcta ubicación.</p> <p>Errores de diseño de ingeniería e instalación afectan el sistema de bombeo.</p> <p>El uso de agua potable, no uso de fluido anticongelante, mala extracción de aire, equilibrio hidráulico defectuoso y sobre calentamiento, afectan y pueden dañar el sistema de bombeo.</p> <p>Si bien los sistemas de la 2° etapa funcionan mejor que los de la 1° etapa por el correcto sistema de bombeo y correcta ubicación. Existen sistemas de los últimos años, que se instalan kit de bombeo solar con bombas de pequeño tamaño. Se debe evaluar además el correcto tamaño de bombas respecto de las PDC y caudal.</p> <p>Para reducir los problemas en sistemas de bombeo, es recomendable realizar las mantenciones periódicas y de acuerdo a procedimientos establecidos. Además de verificar las especificaciones técnicas de los equipos, con el proyecto de dimensionamiento.</p> |

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

| SUB SISTEMA DE INTERCAMBIO TÉRMICO |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | OBSERVACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | CUMPLIMIENTO<br>REGLAMENTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | COMENTARIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>INTERCAMBIADORES DE CALOR</b>   | <p>Se detectó que mayoritariamente se utilizan intercambiadores de placas externos respecto a intercambiadores internos.</p> <p>En un importante porcentaje los sistemas externos estaban buenos. Sin embargo, se detectó la intervención de personal externo no especializado que eliminó un sistema de intercambio térmico.</p> <p>En instalaciones donde existían mantenciones permanentes, se hacía la labor de mantención y limpieza, mientras que, en otras en funcionamiento, no se hacía limpieza del equipo.</p> <p>La mayoría de los intercambiadores están sin aislación térmica y sin by pass con medidor de presión.</p> <p>No se pudo detectar el tamaño correcto en el diseño.</p> | <p>En general se cumple lo indicado en el Reglamento. Sin embargo, se observó que en algunos casos el tamaño del intercambiador de placas estaba sub dimensionado para el tamaño de la instalación.</p> <p>En la mayoría de las instalaciones solares este componente no estaba aislado y sin by pass hidráulico. El reglamento no indica este tipo de indicador en el sistema.</p> | <p>Debido a problemas en el diseño de algunas instalaciones no fue posible acceder a un par de sistemas de intercambiadores.</p> <p>En las instalaciones no se encontraba documentación técnica de los intercambiadores.</p> <p>Se debe poner atención en el aislamiento y dimensionamiento del sistema de intercambio térmico, dependiendo de la superficie colectora que es un indicador para conocer la potencia térmica instalada del campo de colectores, de acuerdo al uso en ACS. Acá de debe asumir una eficiencia promedio para que exista una superficie de intercambio efectiva.</p> |

| SUB SISTEMA DE ACUMULACIÓN    |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | OBSERVACIÓN                                                                                                                                                                                                                                        | CUMPLIMIENTO<br>REGLAMENTO                                                                                             | COMENTARIO                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>DEPÓSITOS ACUMULADORES</b> | <p>Todos los sistemas disponían de acumuladores de agua caliente solar con disposición vertical.</p> <p>Se verificó que la cantidad de equipos variaban entre 1 a 8 acumuladores, con variados formatos de volumen desde 2.000 a 6.000 litros.</p> | <p>En general se cumplen indicaciones del Reglamento en cuanto a materialidad, configuración y tipo de conexiones.</p> | <p>Por deficiencia en el diseño de la instalación térmica solar no se pudo acceder a un par depósitos acumuladores.</p> <p>Se evidencia sistemas de diversas marcas.</p> <p>Ver temas de espacio para el tránsito del personal de mantención.</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                                         |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------|
|  | <p>Se identificó un caso donde el acumulador fue eliminado.</p> <p>Casos puntuales tienen acumulador a la intemperie y existen caso de acumuladores en salas mal aisladas.</p> <p>Es recurrente encontrar poco espacio de tránsito en los lugares.</p> <p>La mayoría de las instalaciones no tienen visible los esquemas técnicos.</p> |  | Disponer de planos y esquemas técnicos. |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------|

| MANTENCIÓN DE SISTEMAS |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | OBSERVACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CUMPLIMIENTO<br>REGLAMENTO                                                                                                                     | COMENTARIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>MANTENCIÓN</b>      | <p>Del total de sistemas solares térmicos visitados aproximadamente el 50% recibía mantención de manera permanentes. De ellos, un porcentaje menor corresponde a la 1ra etapa de la Ley 20.365, el restante porcentaje de sistemas fueron instalados durante la 2da etapa.</p> <p>Un número importante de usuarios indicaron que habían cambiado de mantenedor por problemas en la reparación de los equipos o por no haber dejado los sistemas en funcionamiento.</p> <p>Es recurrente encontrar que no existe registro de las mantenciones realizadas, fecha, cambios, materiales usados tanto en sistemas de 1° y 2° etapa de FT.</p> | <p>Se cumplen en instalaciones de segunda etapa.</p> <p>En sistemas de primera etapa, hay contratos de mantención propios de los usuarios.</p> | <p>12 sistemas tienen mantención siendo el 50% de la 1° etapa y el 50% de la 2 etapa.</p> <p>Se detectó desconocimiento de parte de los usuarios respecto a los alcances de la mantención, en especial, sobre el tipo de mantención que se realizan, materiales utilizados, insumos requeridos; sobre todo en el recambio de fluido del sistema de colectores.</p> <p>Se desprende que no existe un mercado consolidado de empresas especializadas que se dediquen a realizar mantenciones a este tipo de instalaciones solares térmicas.</p> <p>No existen procedimientos claros de mantención y como se debe hacer para evitar problemas.</p> <p>La mantención debe incorporar todos los subsistemas.</p> |

Si bien no forman parte del Sistema Solar Térmico, el Subsistema de apoyo se incorporó dentro del levantamiento de información levantada en terreno.

| SUB SISTEMA APOYO                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | OBSERVACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | CUMPLIMIENTO<br>REGLAMENTO | COMENTARIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>SISTEMA DE APOYO<br/>AUXILIAR</b> | <p>Principalmente para la generación de ACS se emplean sistemas centralizado respecto a sistemas descentralizados mediante el uso de termos eléctricos y calefón individual.</p> <p>Los sistemas y sus respectivos energéticos utilizados son calderas a Gas Licuado de Petróleo (GLP), calderas a Gas Natural y sistema con una bomba de calor aerotérmica eléctrica.</p> | No Aplica.                 | Cabe señalar que en entrevistas con algunos administradores de edificios con SST que estaban operativos se reflejaba considerablemente el aporte solar en las cuentas de combustible, el cual correspondía entre el 50% al 80% del consumo de energía térmica del edificio para el ACS. El ahorro percibido ha llevado a la mantención permanente de los sistemas. |

| RECOMENDACIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de componentes de uso en industria solar.</li> <li>• Uso de bombas de acero inoxidable en circuito primario.</li> <li>• Uso Ablandadores de agua o precipitadores electrostáticos</li> <li>• Uso de equipos disipadores de calor, pasivos o activos.</li> <li>• Correcta instalación de sondas de temperatura.</li> <li>• Señalética de circulación de fluidos.</li> <li>• Esquemas técnicos a la vista.</li> <li>• Equilibrio hidráulico en subsistema de bombeo y acumuladores.</li> <li>• Equilibrio hidráulico en unión a sistemas de apoyo.</li> <li>• Aislación de intercambiadores de calor.</li> <li>• Espacio adecuado de tránsito en colectores y sala térmica.</li> <li>• Uso de piso técnico para tránsito en colectores y escalas adecuadas.</li> <li>• Documentación de mantención a la vista.</li> <li>• By pass y medidor de presión en intercambiadores de calor.</li> <li>• By pass hidráulico para labor de mantención, lavado y rellenado de circuito primario.</li> <li>• Sistemas de auto llenado de circuito primario.</li> <li>• Medidores de caudal en circuito primario.</li> <li>• Calorímetros de medición.</li> <li>• Medidores de ACS a la salida de acumuladores.</li> <li>• Hacer equilibrio hidráulico en tramos de tuberías y uso de válvulas de equilibrio hidráulico.</li> <li>• Uso de medidores de temperatura y presión de glicerina.</li> <li>• Usar separadores en uniones de metales disímiles eléctricamente.</li> <li>• Uniones flexibles entre colectores.</li> </ul> |

- Uniones rígidas entre colectores a estructura.
- Salas térmicas cerradas para evitar ingreso de aves.
- Uso de anclajes y sujeciones adecuadas en vasos de expansión.
- Soportes de aseguramiento en acumuladores (sismos).
- Válvulas mezcladoras de acuerdo a caudal de consumo.

## 4. Inspección de sistemas solares térmicos unifamiliares

La muestra para inspeccionar final fue de 20 viviendas de la RM y VI región. Donde efectivamente se inspeccionaron 13 sistemas solares térmicos unifamiliar de tipo termosifónicos, 7 sistemas no se visitaron por no encontrar los conjuntos habitacionales-

En las siguientes tablas de detallan los resultados:

| SISTEMAS TERMOSIFÓNICOS.                               |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | OBSERVACIÓN                                                                                                                                            | CUMPLIMIENTO<br>REGLAMENTO                                                                                                                                                                         | COMENTARIO                                                                                                                                                     |
| <b>TIPOS DE COLECTORES</b>                             | El total de sistemas utilizan colectores planos.<br>Se encontraron colectores reventados debido al material de plástico.                               | Se cumple en sistemas de 1° y 2° etapa.                                                                                                                                                            | El acceso a los colectores es difícil debido a que las viviendas en su mayoría eran de 2 pisos.                                                                |
| <b>ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN</b>                       | Se evidenciaron distintas orientaciones en sistemas de RM y VI. Orientaciones Norte y -90 y 90°                                                        | Para los sistemas en -90° y 90° no se cumple con la CSM en la RM y VI región, debido a la orientación no adecuada, se suman las sombras en el lugar.                                               | Según entrevista con usuarios los sistemas funcionan en meses de verano y no en invierno. Solo 4 meses al año. Apreciación mencionada por usuarios.            |
| <b>ESTRUCTURA SOPORTANTE COLECTORES Y DISPOSICIÓN:</b> | Se usa material de aluminio, acero inoxidable.                                                                                                         | Se cumple.                                                                                                                                                                                         | Existen sistemas con estructuras muy altas para corregir orientación e inclinación de las techumbres.                                                          |
| <b> AISLACIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN UV</b>          | Se encontraron sistemas con deficiencias en la aislación térmica.                                                                                      | No se cumple con la correcta aislación y mantención de este componente, debido a que los equipos son del año 2012 y con el tiempo se ha deteriorado el material sin mantención de este componente. | La instalación de la aislación de tuberías debe ser un trabajo bien ejecutado, que utilice barreras aluminizadas y se utilice cinta metálica para sellar bien. |
| <b>VÁLVULAS DE SEGURIDAD COLECTORES</b>                | Los sistemas cuentan con válvulas de seguridad en la entrada de los colectores cuando se utiliza válvula de retención en ingreso de agua al acumulador | Se cumple con el Reglamento                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                |
| <b>FLUIDO CALOPORTADOR</b>                             | No se pudo evidenciar el uso de fluido caloportador correcto en el circuito primario                                                                   | N/A                                                                                                                                                                                                | Se debe utilizar fluido anticongelante y agua destilada en el circuito primario.                                                                               |

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         | El fluido en el interior del circuito primario debe ser presurizado al menos en 0,5 bar mayor a la presión atmosférica.                                                                                                                                    |
| <b>ACUMULADOR SOLAR</b>          | Los sistemas visitados de la 1° etapa disponían de acumuladores indirectos y directos en el caso de los colectores con parrilla plástica. Materiales metálicos con la correcta aislación.                                                                                                                       | Se cumple con el reglamento.                                                                                                                                                                                            | Es necesario que el acumulador sea de acero inoxidable y de un espesor de pared de al menos 1,5 mm de espesor, con ánodo de sacrificio de fácil recambio.                                                                                                  |
| <b>VÁLVULA MEZCLADORA</b>        | Se encontraron sistemas de la 1° etapa sin válvulas mezcladoras. Y en sistemas de la 2° etapa mezcladoras dañadas debido a la baja calidad de estas.                                                                                                                                                            | Se cumple con la instalación de las válvulas                                                                                                                                                                            | Las válvulas deben ser de calidad garantizada para su duración. Es recomendable la instalación de un termómetro en la salida del agua mezclada para asegurar una temperatura adecuada al usuario.                                                          |
| <b>MATERIAL DE TUBERÍAS</b>      | Existen sistemas de la 1° y 2° etapa con material PPR en la salida del AC solar. Existían sistemas que no funcionaban. Se deduce que existía bloque de las líneas de agua. El arreglo no se hizo, debido a que las tuberías estaban dispuestas entre muro y bajo loza de hormigón.                              |                                                                                                                                                                                                                         | Se recomienda la utilización de cobre en tuberías de entrada y salida del acumulador. Y cuidar de probar la correcta circulación del fluido. Se debe evaluar la instalación de tuberías a la vista para una fácil mantención y reparación de los sistemas. |
| <b>SISTEMAS DE APOYO TÉRMICO</b> | Existe el uso de calefont solar, calefón normal y resistencias eléctricas en acumuladores solares que el usuario la accionaba con un disyuntor termomagnético                                                                                                                                                   | Existían calefón que no funcionaban y dañados debido a la alta temperatura de ingreso desde el acumulador en sistemas de la 1° y 2° etapa. Se encontraron sistemas con resistencias sin funcionamiento y sin mantención | La opción ideas es calefón solares y válvulas mezcladoras.                                                                                                                                                                                                 |
| <b>MANTENCIÓN</b>                | Sistemas de la 1° etapa no fueron visitados para una revisión o mantención. Al día de hoy hay sistemas que requieren esa labor de la 1° y 2° etapa. Sistemas que no funcionaron desde un inicio no les fue solucionado el problema, tanto de la 1° y 2° etapa. Se debe especificar que se visitaron 13 sistemas | No se cumple con reglamento en la mantención de los sistemas.                                                                                                                                                           | Ver fiscalización de las empresas.                                                                                                                                                                                                                         |



|                                 |                                                                                                                    |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | unifamiliares, por tanto no es representativo del universo de sistemas en el país.                                 |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>CAPACITACIÓN DE USUARIOS</b> | Fue recurrente escuchar que no se recibió capacitación alguna sobre el uso, operación y mantención de los sistemas |                              | Se recomienda, reforzar con capacitaciones iniciales teóricas y prácticas firmadas por los usuarios para la recepción de los sistemas. Como también la entrega de instructivos de uso y detalles específicos de mantención que debe tener el sistema.                  |
| <b>VASO DE EXPANSIÓN</b>        | Salvo en los sistemas con colectores de plásticos, los otros sistemas si disponían de vasos de expansión.          | Se cumple con el reglamento. | Los vasos de expansión deben ir en la entrada fría del circuito primario sin son con membrana de goma. Estos además deben estar con la entrada de fluido hacia arriba y con válvula de seguridad termostática. Se recomienda la instalación de manómetro en esta zona. |