



**USAID** | **MÉXICO**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

# ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LOS CALENTADORES SOLARES PARA AGUA Y DEL IMPACTO DE LA NORMA NADF- 008-AMBT-2005.

MEXICO LOW EMISSIONS DEVELOPMENT PROGRAM (MLED)  
CONTRACT: AID-523-C-11-00001

NOVIEMBRE 2014

Este informe fue elaborado por TETRA TECH ES INC. para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

#### AVISO LEGAL

Las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional ni los del Gobierno de los Estados Unidos.

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)

## **Estudio de la aplicación de los calentadores solares para agua y del impacto de la norma NADF-008-AMBT-2005**

El presente estudio fue elaborado por CySTE, S.A. de C.V., siendo los autores principales: Rubén Torres, Ignacio Sánchez, Rodolfo Salcedo, Carmen Botello y Francisco Javier López, bajo la supervisión de Ana María Contreras Vigil y Marina Bergua Conde. Ello, en el marco del Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México (MLED), patrocinado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo el contrato “AID-523-C-11-00001” implementado por TETRA TECH ES.

Para mayor información, por favor contacte a: [info@mledprogram.org](mailto:info@mledprogram.org)

La distribución, reproducción o consulta del presente documento por terceros deberá ser autorizada por MLED y por las partes que participaron en su elaboración: la Empresa Consultora principal Tetra Tech y su subcontratista CySTE, S.A. de C.V., y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)

## Estudio de la aplicación de los calentadores solares de agua y del impacto de la norma NADF-008-AMBT-2005

### Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA UTILIZADA</b> .....	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>CONCEPTOS BÁSICOS Y TIPOS DE CALENTADORES SOLARES PARA AGUA</b> .....	<b>22</b>
4.1	ENERGÍA TERMOSOLAR .....	22
4.2	TIPOS DE SISTEMAS CALENTADORES SOLARES PARA AGUA Y SUS APLICACIONES .....	23
4.2.1	<i>Tecnologías de calentadores solares para agua</i> .....	23
4.2.1.1	Calentadores solares planos .....	24
4.2.1.2	Calentadores solares de copolímero (plástico).....	25
4.2.1.3	Calentadores solares de tubos evacuados.....	26
<b>5</b>	<b>EVOLUCIÓN DE LOS CSA Y MERCADO EN MÉXICO</b> .....	<b>31</b>
5.1	CRECIMIENTO DEL MERCADO DE CALENTADORES SOLARES PLANOS Y SU APLICACIÓN .....	31
5.2	OFERTA DE CSA Y PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA.....	35
<b>6</b>	<b>MARCO LEGAL</b> .....	<b>37</b>
6.1	NORMATIVIDAD SOLAR EN MÉXICO.....	37
<b>7</b>	<b>IMPACTO CUALITATIVO DE LA NORMA NADF-008-AMBT-2005 – DIFUSIÓN Y RÉPLICA</b> .....	<b>41</b>
7.1	DIFUSIÓN DE LA NORMA Y PROMOCIÓN DEL TEMA A NIVEL NACIONAL.....	41
7.2	PROGRAMAS E INICIATIVAS QUE CONSIDERARON LA NORMA.....	45
7.2.1	<i>Código de Edificación de Vivienda (CEV) en México</i> .....	46
7.2.2	<i>Programa Vivienda en Conjunto – INVI</i> .....	47
7.2.3	<i>Programa Integral de Mejoramiento Ambiental y Desarrollo Social en Unidades Habitacionales</i> .....	47
<b>8</b>	<b>IMPACTO CUANTITATIVO DE LA NADF-008-AMBT-2005 - TRES FUENTES DE INFORMACIÓN</b> <b>49</b>	
8.1	EVOLUCIÓN Y BREVES COMENTARIOS DE LA NADF-008-AMBT-2005.....	49
8.2	ESTIMACIÓN DEL AHORRO DE ENERGÍA Y REDUCCIÓN DE EMISIONES POR LA INSTALACIÓN DE CSA A NIVEL COMERCIAL, INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS EN EL DF ENTRE 2006 Y 2010 – ESTUDIO USAID .....	51
8.3	EVALUACIÓN DE INSTALACIONES A TRAVÉS DE ENCUESTAS REALIZADAS A EMPRESAS FABRICANTES E INSTALADORES DE CSA.....	54
8.3.1	<i>Instalaciones realizadas bajo el supuesto del cumplimiento de la NADF</i> .....	54
8.3.1.1	Modulo Solar (MS).....	54
8.3.1.2	Heliocol .....	56
8.3.1.3	Empresa Sunway.....	58
8.3.1.4	SEA Ecotecnias.....	58
8.3.1.5	Flemming Energía Solar .....	60

8.3.2	<i>Instalaciones realizadas por diferentes motivos y no para cumplimiento de la NADF y su reducción de emisiones anuales.....</i>	60
8.3.3	<i>Instalaciones reportadas en la LAUDF que cumplen con la NADF-008-AMBT-2005 y su reducción de emisiones anuales .....</i>	60
8.3.4	<i>Instalaciones reportadas por los instaladores en el DF.....</i>	61
8.4	<b>ANÁLISIS DE BASES DE DATOS DE LA LICENCIA AMBIENTAL ÚNICA PARA EL DISTRITO FEDERAL (LAUDF).</b>	62
8.4.1	<i>Antecedentes de casos de empresas que instalaron CSA como parte de sus políticas</i>	62
8.4.1.1	Hoteles NH .....	62
8.4.1.2	Grupo Wal-Mart de México .....	62
8.4.2	<i>Análisis de las bases de datos de la Dirección de Regulación Ambiental de la SEDEMA</i>	62
8.4.3	<i>Expedientes de la LAUDF revisados.....</i>	66
8.4.4	<b><u>Llenado de la sección A.5 del Anexo A de la LAUDF</u></b> .....	67
8.4.4.1	Establecimientos que reportaron información sobre CSA y que tenían que cumplir con la NADF.....	68
8.4.3.1.1	<b>Tipo de tecnología instalada</b> .....	68
8.4.3.1.2	<b>Tipo de combustible utilizado</b> .....	69
8.4.3.1.3	<b>Motivos por los que no se realizó la instalación del sistema foto-térmico</b> .....	69
8.4.3.1.4	<b>Evaluación de los ahorros por la implementación de CSA – cumplimiento de la NADF</b> .....	70
8.4.4.2	Establecimientos que reportaron información sobre CSA y que no tenían que cumplir con la NADF	70
8.4.3.2.1	<b>Tipo de tecnología instalada</b> .....	71
8.4.3.2.2	<b>Tipo de combustible utilizado</b> .....	71
8.4.3.2.3	<b>Motivos por los que no se realizó la instalación del sistema foto-térmico</b> .....	72
8.4.3.2.4	<b>Evaluación de los ahorros por la instalación de CSA – sin estar sujetos al cumplimiento de la NADF</b> .....	72
8.4.5	<i>Evaluación total de los resultados de la instalación de CSA.....</i>	73
8.4.6	<i>Distribución por giro de establecimientos que instalaron CSA.....</i>	73
9	<b>CONCLUSIONES</b> .....	75
	<b>ANEXOS</b> .....	79
	ANEXO 2. EMPRESAS EN LAS BASE DE DATOS DE FAMERAC.....	88
	ANEXO 3 EMPRESAS NO INTEGRANTES DE FAMERAC.....	91
	ANEXO 4. FORMATO DE REPORTE – WAL-MART. ....	97
	ANEXO 5. PROCESO DE ENVÍO Y SEGUIMIENTO DE ENCUESTAS.....	98
	ANEXO 6. PROCESO DE CALCULO PARA ESTIMAR EL IMPACTO DE AHORRO ENERGÉTICO Y REDUCCIÓN DE EMISIONES POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CSA .....	103

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1. México. Radiación Solar</b> .....	16
Tabla 2. Crecimiento de calentadores solares planos en México, 2000-2011.....	32
Tabla 3. Estimación del ahorro acumulado de emisiones entre 2006 y hasta 2014 por los sistemas CSA instalados en el DF.....	52
Tabla 4. Ahorros evaluados en establecimientos que instalaron CSA .....	70
Tabla 5. Ahorros evaluados en establecimientos que instalaron CSA .....	73
Tabla 6. Ahorros evaluados en establecimientos que instalaron CSA .....	73
Tabla 7. Distribución por giro de los establecimientos que tenían que cumplir con la norma, más los que instalaron CSA, sin que tuvieran que cumplir con la misma .....	74

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 2. Programa para la Promoción de Calentadores Solares (PROCALSOL) .....	19
Ilustración 4. Calentadores de copolímero .....	26
Ilustración 5. Calentadores de tubos al vacío o evacuados con termostanque .....	27
Ilustración 6. calentadores de tecnología Heat Pipe.....	29
Ilustración 7. Aplicación de calentadores solares planos con cubierta, para usos sanitarios en el campo de CU, Ciudad de México.....	30
Ilustración 9. Impacto de la primera reunión en un diario de Monterrey .....	42
Ilustración 10. Impacto de la segunda reunión en un diario de Guadalajara .....	43
Ilustración 11. Seminario de Energía Solar 2009.....	44
Ilustración 12. Manuales de Capacitación e Instalaciones de la Norma Solar .....	45
Ilustración 15. Programa Social Ollin Callan - PROSOC .....	48
Ilustración 16. Modificación al trámite de la LAU-DF.....	50
Ilustración 17. Instalación en empresa industrial – Modulo Solar.....	55
Ilustración 18. Instalaciones realizadas por Modulo Solar.....	55
Ilustración 19. Instalación en industria automotriz – Heliocol.....	57
Ilustración 20. Instalaciones realizadas por Heliocol .....	58
Ilustración 21. Instalaciones realizadas por Sunway .....	58
Ilustración 22. Instalaciones realizadas por SEA Ecotecnias .....	59

## Índice de Gráficas

Gráfica 1. <b>México. Superficie de colectores foto-térmicos</b> .....	33
Gráfica 2. <b>Distribución porcentual de las aplicaciones</b> .....	34
Gráfica 3. <b>Distribución de la venta de CSA, por tipo de tecnología en México (2008)</b> .....	34
Gráfica 4. <b>Reducciones acumuladas de las emisiones de CO<sub>2eq</sub>/año</b> .....	53

Gráfica 5. <b>¿Qué tipo de tecnología se instaló?</b> .....	68
Gráfica 6. Tipo de combustible utilizado .....	69
Gráfica 7. <b>¿Qué tipo de tecnología se instaló?</b> .....	71
Gráfica 8. Tipo de combustible utilizado .....	72
Gráfica 9. <b>Variación de la eficiencia en distintos tipos de colectores, en función de la diferencia de temperatura del agua entre la salida y la entrada del colector</b> .....	104

## Agradecimientos

Se agradece el patrocinio de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID por sus siglas en inglés), para la realización del presente estudio, el cual se dio en el marco del Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México (MLED) y fue ejecutado por la empresa TETRA TECH ES INC, bajo el contrato “AID-523-C-11-00001”.

Igualmente, se reconoce la valiosa colaboración de los especialistas en energía participantes en este proyecto, como fue el personal de CySTE, S.A. de C.V., los representantes de diversas empresas fabricantes y distribuidoras de calentadores solares para el agua en el país y funcionarios de instancias oficiales, en particular de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SEDEMA-DF), quienes aportaron su tiempo y sobre todo su opinión y experiencias, que en conjunto permitieron contar con información valiosa y confiable para la estructuración de este reporte.

## Tabla de acrónimos y abreviaturas

AMBT	Ambiental
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar
CEA	Consumo energético anual por utilización de agua caliente
CEV	Código de Edificación de Vivienda
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
CONOCER	Comité Técnico del Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales.
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CO <sub>2</sub>	Bióxido de carbono
CO <sub>2</sub> e	Bióxido de carbono equivalente
CSA	Calentadores solares para agua
CYSTE	Consultoría y Servicios en Tecnologías Eficientes
DF	Distrito Federal
ER	Energías renovables
FAMERAC	Fabricantes Mexicanos en las Energías Renovables, A.C.
GAS LP	Gas licuado de petróleo
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GTZ	Agencia de Cooperación Técnica Alemana, siglas en alemán .
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
INVEA	Instituto de Verificación Administrativa del Distrito Federal.
INVI	Instituto de Vivienda del Distrito Federal
kWh	Kilowatt hora
LAUDF	Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
NADF	Norma Ambiental para el Distrito Federal
NTCL	Norma Técnica de Competencia Laboral
MLED	México Low Emissions Development Programa de Apoyo al Desarrollo Bajo en Emisiones de México
PROCALSOL	Programa para la Promoción de los Calentadores solares para agua en México
PROSOC	Procuraduría Social del Distrito Federal
SEDEMA	Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal
SENER	Secretaría de Energía
SFT	Sistemas fototérmicos para calentamiento de agua
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

Fuente. Elaborado por el Consultor

## Reseña

Este estudio muestra los resultados de la investigación sobre la utilización de los calentadores solares para agua a nivel nacional asociada al cumplimiento de la NADF-008-AMBT-2005, así como su impacto en el país e internacionalmente, en programas o acciones de promoción del aprovechamiento de la energía solar.

## Palabras clave

Norma ambiental solar del Distrito Federal; ahorro de energía proveniente de combustibles fósiles; reducción de gases efecto invernadero; mercado de calentadores solares para agua.

## Resumen Ejecutivo

El aprovechamiento de las fuentes renovables (ER) en México ha sido una de las estrategias del gobierno federal como parte de su política sectorial de transición energética, para lo cual se han desplegado diversos programas que contemplan estas tecnologías en la satisfacción de las demandas de energía en diversos sectores.

En el ámbito estatal, diversas administraciones se han adherido a dichos programas, ya sea en el marco de la estrategia federal o vía sus propias políticas públicas sectoriales.

Un caso emblemático de lo anterior es el Gobierno del Distrito Federal (GDF), que entre sus acciones de promoción de las ER desarrolló y decretó, en abril de 2006, una regulación sobre el particular, la “NADF-008-AMBT-2005, que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías”.

Esta norma no ha sido emulada por otras jurisdicciones locales del país, sin embargo, se ha tomado como referencia en la estructuración de planes energéticos estatales –hacia una matriz más diversificada- e incluso en los trabajos dirigidos a decretar una regulación afín; más aún, se ha detectado que la NADF también ha sido considerada en programas de promoción de las ER en diversas naciones de América Latina.

De lo anterior surge el interés de conocer el impacto de la NADF, a fin de identificar los beneficios económicos y ambientales de su aplicación, así como las barreras a su observancia, elementos útiles para determinar el papel de una regulación en la estrategia de fomento de las ER. Esto, en el entendido de que esta disposición es la única en su tipo de carácter obligatorio, pues aunque resulte semánticamente contradictorio, existen otras normas con calidad de voluntarias, lo que hacía necesario también analizar el grado de observancia en función de estas categorías.

De lo anterior se planteó, básicamente, estimar los ahorros de energía asociados al aprovechamiento de la energía solar y las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) evitadas, al tiempo de distinguir los elementos que favorecieron o impidieron la observancia de la norma.

**Tomando como base un estudio realizado por USAID en 2010 se determinó que:**

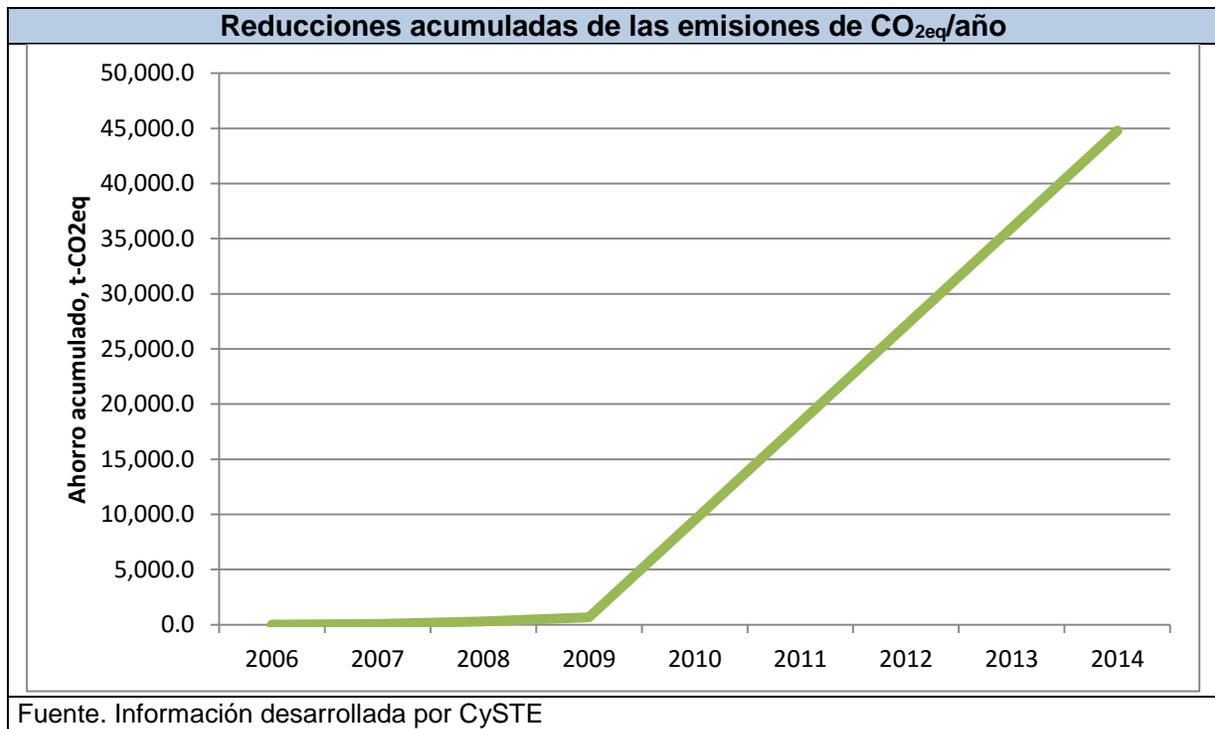
Los datos generales de las instalaciones documentadas fueron las siguientes:

- Total de instalaciones, 119 entre los años 2006 y 2010,
- Superficie instalada, 44,013 m<sup>2</sup> de colectores,
- Se estima un ahorro global de energía del orden de 5,325,758 litros equivalentes de gas LP por año,
- Una reducción global de emisiones del orden de 8,825 tCO<sub>2eq</sub>/año

La estimación del ahorro acumulado entre 2006 y hasta 2014, por los sistemas CSA instalados en el DF se presenta en la siguiente tabla.

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ahorro por año, t-CO <sub>2eq</sub>	6.4	51.1	253	367	8,825	8,825	8,825	8,825	8,825
Ahorro acumulado, t-CO <sub>2eq</sub>	6.4	57.5	311	678	9,503	18,328	27,152	35,977	44,802

La proyección de los ahorros acumulados entre 2006 y hasta 2014 se presenta en la siguiente gráfica, suponiendo que los equipos siguen trabajando y se les ha brindado el mantenimiento correcto, por lo que los ahorros logrados a finales del 2014 se estiman en un ahorro acumulado de 44,802 tCO<sub>2eq</sub>.



### Información proveniente de entrevistas

Se elaboró y aplicó una encuesta a diversos fabricantes y comercializadores de sistemas de calentadores solares para agua (CSA), con la que se buscaba identificar, esencialmente, la situación del mercado en términos de su magnitud, del tipo de tecnología y de aplicación, así como las barreras enfrentadas, además de contar con información *secundaria* sobre los proyectos desarrollados en la zona de interés -el DF-, mismos que en principio deberían estar en la BD derivada de las LAUDFs si es que los establecimientos en cuestión estaban obligados a cumplir con la NADF.

Con base en las entrevistas realizadas se pudo determinar los establecimientos que implementaron CSA, tanto para el cumplimiento de la NADF y que fueron reportadas a la LAUDF, como los establecimientos que implementaron estos sistemas por razones diversas sin estar sujetos al cumplimiento de la norma.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las instalaciones reportadas por los instaladores.

Instalador	No. Establecimientos reportados en la LAUDF que cumplen con la NADF	No. Establecimientos que implementaron CSA sin tener que cumplir con la NADF	No. Establecimientos que implementaron CSA en el DF
MS	4	10	14
Heliocol	5	93	98
Sunway	0	6	6
SEA Ecotecnias	0	20	20
Fleming	0	2	2
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>131</b>	<b>140</b>

A partir de la información proporcionada por las empresas instaladoras de sistemas de calentamiento solar, se obtuvo el total de sistemas instalados que no tenían que cumplir con la NADF-008-AMBT-2005, pero que instalaron CSA, las que en total suman 131 y de las cuales se tienen los siguientes resultados globales por instalador:

Instalador	No. Instalaciones	Sup. Instalada de colectores (m2)	CEA promedio (%)	Ahorro de GLP (l/año)	Ahorro de energía, MJ/año	t-CO <sub>2</sub> e evitados
MS	10	ND	ND	201,939	5,302,906	341
Heliocol	93	ND	ND	4,517,771	118,635,960	7,641
Ecotecnias	20	549	66.5	65,917	1,730,840	112
Sunway	6	120	ND	14,402	378,185	24
Flemming	2	8.8	ND	1,056	27,734	2
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>677.80</b>		<b>4,801,085</b>	<b>126,075,625</b>	<b>8,120</b>

Información proveniente de las bases de datos de la Dirección de Regulación Ambiental del DF

Los proyectos realizados con base en las disposiciones de la NADF-008-AMBT-2005, fueron 9 establecimientos a partir de las cuales se tienen resultados mostrados en siguiente tabla.

Instalador	No. Establecimientos	Sup. Instalada de colectores (m2)	CEA promedio (%)	Ahorro de GLP (l/año)	Ahorro de energía, MJ/año	t-CO <sub>2</sub> e evitados
MS	4	532	50.3	78,340	2,057,208	133
Heliocol	5	2,732	30.0	327,899	8,609,927	553
	<b>9</b>	<b>3,264</b>	<b>40.6</b>	<b>406,239</b>	<b>10,667,135</b>	<b>686</b>

De manera general el impacto en la reducción de emisiones de las 140 instalaciones reportadas por los instaladores es de 8,806 tCO<sub>2</sub>eq/año

Por último se desarrollo un estudio que partió del uso de la información estadística que se recaba a través de la Licencia Ambiental Única (LAU), como base de análisis. , Este documento se tramita obligatoriamente para la obtención de un permiso de operación de cualquier giro empresarial de jurisdicción local en el DF.

Aun cuando este fue un punto de inicio adecuado, la misma característica del citado formato oficial hizo necesario “construir” una base de datos específica al

propósito del estudio, pues como claramente señala la NADF, los establecimientos a los que aplica son aquellos que cuentan con agua caliente para albercas, fosas de clavados, regaderas y lavamanos, o que requieren agua caliente para usos en cocinas, lavanderías y tintorerías.

Del universo de información de las LAUs disponibles a partir de la fecha de entrada en vigor de la NADF y hasta diciembre de 2014, se integró una base de datos de las empresas que estarían sujetas a cumplir con lo establecido en la norma. A partir de dicha base de datos se pudo deducir que únicamente 82 establecimientos estaban obligados a cumplir la norma.

Por otra parte se pudo establecer que de un filtrado en el que se integraron 56 establecimientos que reportaron la implementación de CSA, se analizaron los expedientes de estos y se concluyeron los resultados mostrados en la siguiente tabla.

Tipo de establecimientos	Le aplica la Norma			No le aplica la norma			Total
	Si instaló	No instaló	No se sabe su situación	Si instaló	No instaló	No se sabe su situación	
Hoteles	1	2	1	10	1	1	16
Centro Deportivo	10	2					12
Industrias				8	2		10
Restaurante	3	3			1		7
Comercios y Servicios	2	1		2			5
Hospitales	2		1	1	1		5
Tienda departamental/autoservicio	1						1
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>56</b>

Con base en toda esta información, se evaluaron los beneficios económicos (en términos del ahorro de energía) y ambientales (GEI evitados) asociados a la aplicación de la NADF, los cuales fueron importantes, aunque en términos relativos prácticamente marginales. Es decir, ciertamente la observancia de dicha regulación conlleva beneficios tanto a quienes la cumplen como a la sociedad en su conjunto, pero las reducciones en el consumo de energía y las emisiones son pequeñas en comparación a los inventarios totales en el DF.

Para la entera implementación de la norma NADF, se identificaron las siguientes barreras (sin atender a su prioridad):

- a) regulación compleja y por tanto difícil de entender y cumplir por parte de los establecimientos que deben acatarla;
- b) autoridad con recursos humanos y físicos insuficientes para dar el seguimiento que garantice su plena observancia;
- c) oferentes de CSA y servicios asociados sin la calificación técnica mínima requerida para el buen desempeño de las instalaciones, lo que está desalentando el hasta ahora creciente mercado nacional;
- d) un porcentaje importante de equipos carentes de un certificado de calidad, tanto nacional y menos aún internacional;
- e) estancamiento del proceso de actualización de la NADF, tanto en cuanto a sus principios y alcances, como y sobre todo, a la concordancia con ella de otras regulaciones;
- f) difusión escasa y capacitación prácticamente nula de los diferentes actores vinculados a la norma: autoridades que la emiten y deben dar seguimiento; fabricantes y comercializadores de CSA; establecimientos a los que aplica la regulación; cuerpos técnicos y personal de laboratorios de certificación;

Los resultados globales y particulares de este estudio aportan, por un lado, los primeros valores cuantitativos de los beneficios en los que se traduce el cumplimiento de la NADF, por el otro, los factores a atender para alcanzar todos los dividendos que se contemplan con la aplicación y sobre todo observancia de esta regulación, mismos que son esenciales para estructurar una hoja de ruta para lo que bien puede denominarse como su segunda etapa de gestión.

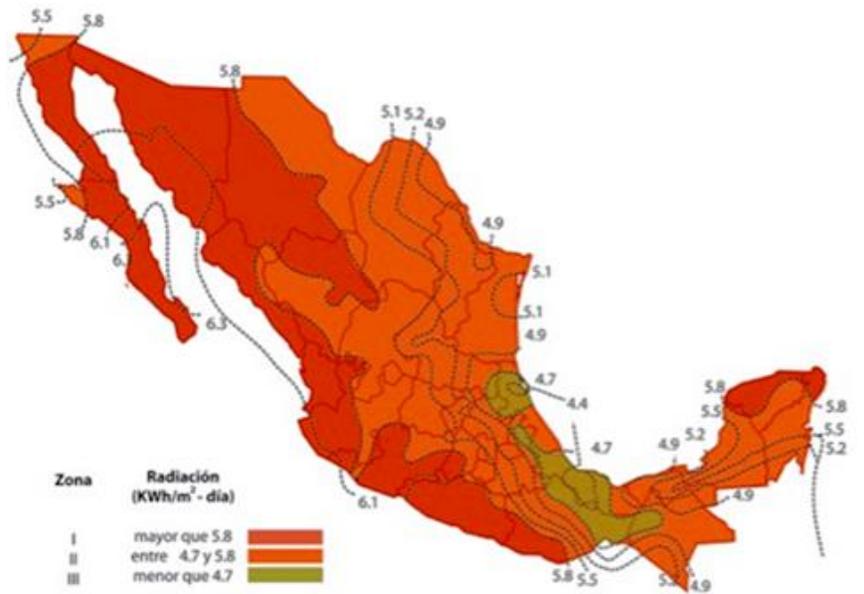
Un tema que se pone a consideración en la siguiente revisión de la “Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-008-AMBT-2005”, es que se considere cambiar el enfoque de la misma, para ser un instrumento obligatorio en el que se indiquen los lineamientos que garanticen el objetivo que busca, que en este caso es lograr un CEA determinado y lograr una buena instalación, operación y mantenimiento de equipos. En este sentido se sugiere eliminar la información y datos que son para los desarrolladores de proyectos e instaladores de equipos, ya que estos deberían estar en otro tipo de instrumento.

Así mismo, la norma no debe fungir como instrumento que proporcione los insumos para evaluar los ahorros logrados por la implementación de sistemas, sino que debe impulsar la aplicación de los sistemas de Calentamiento Solar de Agua.

## 1 Introducción

En México existe un gran potencial de aprovechamiento de la energía solar, ya que alrededor de tres cuartas partes del territorio nacional son zonas con una insolación media del orden de los 5 kWh/m<sup>2</sup>-día (18 MJ/m<sup>2</sup>-d).<sup>1</sup> Desafortunadamente, este recurso es poco utilizado y una muestra de ello es que el 91% de la producción energética del país proviene de combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón<sup>2</sup>.

**Ilustración 1. Radiación solar promedio anual en México**



*Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas*

Tabla 1. México. Radiación Solar		
kWh/m <sup>2</sup> -d	MJ/m <sup>2</sup> -d	%
> 5.8	> 20.88	25
4.7 – 5.8	16.92 – 20.88	70
< 4.7	< 16.92	5
5.0	18.00	Promedio

Fuente SENER. Programa Especial para el Aprovechamiento de Energía Renovable.

<sup>1</sup> Con valores mínimos de 3.7 kWh/m<sup>2</sup>-día en Córdoba, Veracruz, y máximo de 6.7 kWh/m<sup>2</sup>-día en Cd. Juárez, Chihuahua; en el DF es de 5.2 kWh/m<sup>2</sup>-día. Esta media nacional equivale a 20.88 MJ/m<sup>2</sup>-d,

<sup>2</sup> Estrategia Nacional de Energía, 2010, Secretaría de Energía (SENER).

De ahí que la política energética ha venido incorporando programas de fomento para una mayor utilización de las energías renovables (ER) en general, siendo actualmente la eólica y la solar las que más se han desarrollado en el país.

En el caso de la solar, el aprovechamiento más común a la fecha, ha sido el calentamiento de agua para aplicaciones en los sectores doméstico, industrial y de servicios, siendo el primero el que cuenta con el mayor número de equipos instalados, denominados Sistemas Fototérmicos (SFT) para Calentamiento de Agua y comúnmente llamados colectores o calentadores solares para agua (CSA).

Cabe señalar que en México, la investigación sobre ER data de más de tres décadas, aunque el desarrollo de los CSA ha estado presente desde hace cerca de cincuenta años, vía un grupo de empresas que actualmente totalizan cerca de 50, que fabrican, importan y comercializan estas tecnologías. Además, los gobiernos federal (principalmente) y estatales, han venido impulsando estrategias y programas dirigidos a promover un mayor uso de tales sistemas, destacando el caso del Distrito Federal (DF) que publicó en 2006 su norma ambiental<sup>3</sup>: NADF-008-AMBT-2005, que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías.

Con el objeto de conocer la situación actual de tales iniciativas es que surge el proyecto que aquí se reporta, mismo que se espera coadyuve al fortalecimiento de las acciones regulatorias y de fomento federales y locales, orientadas a una mayor utilización de los sistemas solares (SS) en el país y en otras regiones del continente.

Aunque el estudio contempla una revisión global de los SS en México, pone énfasis en el impacto de la NADF, en términos de su cumplimiento y de los beneficios esperados de ahorro de combustible y de reducción de gases efecto invernadero (GEI).

---

<sup>3</sup> Gaceta Oficial del Distrito Federal. 7 de abril de 2006.

## 2 Antecedentes

Como ya se citó, en México, la investigación sobre ER tiene varios años, al igual que la fabricación, importación y comercialización de los CSA, y las iniciativas gubernamentales de fomento para su mayor utilización. Sin embargo, no es sino hasta 2005 que se formalizan las acciones institucionales, cuando la entonces CONAE<sup>4</sup> lanza un programa piloto de tres años, para promover la venta de CSA en el sector doméstico y evaluar los ahorros en combustible alcanzados. Los resultados obtenidos servirían de base para diseñar una estrategia de comercialización a escala nacional, de manera que se hiciera su uso masivo.

En abril de 2006, la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del DF (SEDEMA-DF) publicó la NADF-008-AMBT-2005 (misma que en su desarrollo contó con el apoyo de la USAID), que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en diversas aplicaciones, obligando a ciertos establecimientos y bajo ciertos criterios, a instalar CSA, a fin de cubrir un 30% de su demanda de combustible para el calentamiento de agua.

Posteriormente, en agosto de 2007, la CONAE publicó el PROCALSOL 2007-2012,<sup>5</sup> como una primera fase para fortalecer la estrategia iniciada en 2005, teniendo como objetivo central el ahorro de energía en el calentamiento de agua para diversos usos (residencial, comercial, agro-pecuario e industrial), a través de la sustitución de los combustibles fósiles de mayor empleo en esta aplicación (gas natural y gas licuado del petróleo: GLP) por la radiación solar; actualmente se están evaluando los logros del Programa a fin de actualizar la estrategia para el siguiente período, la cual está pendiente de definirse.

---

<sup>4</sup> CONAE: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, la que a partir de noviembre de 2008 cambia a CONUEE: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, organismo del Gobierno Federal cuya función es promover la utilización de las energías renovables y hacer un uso racional de los recursos energéticos del país.

<sup>5</sup> PROCALSOL: Programa para la promoción de calentadores solares para agua en México, el cual la CONAE -como órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía (SENER)-, lo desarrolla con la colaboración de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) y GmbH (Cooperación Técnica Alemana).

Dado que México está comprometido con el combate al cambio climático, tema en el que está plenamente contemplado el aprovechamiento de las ER, tanto el gobierno federal como el del DF y de algunos estados,<sup>6</sup> están convencidos de reforzar la promoción de los sistemas solares, en particular aquellos que tienen un mayor avance, como son los aplicados para el calentamiento de agua.

De todo lo anterior surge el interés de evaluar el impacto de la citada norma del GDF, en cuanto al ahorro de energía y reducción de GEI, al mismo tiempo que identificar su utilización como referente en programas orientados a la diversificación energética en los estados de la república y en países de América Latina.

Esta es la razón del estudio que aquí se reporta, aportará información actualizada sobre el grado de aplicación a la fecha de los CSA, las barreras enfrentadas, la evolución del mercado por tipo de sistema, entre otros aspectos, lo que permitirá detectar los factores a mejorar, con base en los cuales se determinará los pasos a seguir con respecto al instrumento objeto de este estudio, la norma con el fin de fortalecer su objetivo que es el fomentar un aprovechamiento masivo de la energía solar en la ciudad y que impulse el tema en el país.

#### Ilustración 2. Programa para la Promoción de Calentadores Solares (PROCALSOL)



Fuente: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)

<sup>6</sup> Así lo indican las acciones realizadas en el tema por el Gobierno Federal con el PROCALSOL y el Programa de Hipotecas Verdes, y en el DF con la norma ambiental para calentamiento solar de agua y su posible inclusión en su Reglamento de Construcciones, así como las iniciativas de varios estados que también buscan incorporar el calentamiento solar de agua en sus Reglamentos de Construcción.

### 3 Metodología utilizada

El método aplicado en el presente estudio se dividió en cinco etapas:

- i. Recopilación de información,
- ii. Información de la Dirección de Cambio Climático de la SEDEMA,
- iii. Aplicación de encuestas y entrevistas,
- iv. Revisión de un estudio sobre la evaluación de la NADF<sup>7</sup> (USAID-GDF) y
- v. Análisis de las bases de datos (BD) de la Licencia Ambiental Única del Distrito Federal.

**i. Recopilación de información:** En la primera etapa se hizo una revisión y análisis bibliográfico de: la normatividad vigente en el país, directa e indirectamente relacionada con la energía solar; de las tecnologías desarrolladas a nivel internacional y de las aplicadas en México; y de los estudios y programas en los que se reportaron instalaciones de CSA en algunas empresas.

**ii. Información de la Dirección de Cambio Climático de la SEDEMA:** En la segunda etapa se revisó información proporcionada por la Dirección del Programa de Cambio Climático y Proyectos MDL de la SEDEMA, relacionada a casos de empresas que instalaron CSA en el marco de la NADF.

**iii. Aplicación de encuestas y entrevistas:** En la tercera etapa se elaboraron y aplicaron encuestas y entrevistas a fabricantes e instaladores de CSA, tanto a aquellas empresas afiliadas a la Asociación de Fabricantes Mexicanos en las Energías Renovables (FAMERAC), como a las que no lo están. En el primer caso se ocupó la base de datos (BD) contenida en la página de internet de esta agrupación, que cita a 15 compañías (Anexo 1), 4 de ellas ubicadas en el DF. En cuanto a las no afiliadas, se trabajó con un directorio de 41 empresas<sup>8</sup> (Anexo 2), de las cuales 7 se ubican en el DF y 34 en el interior de la República.

Esta actividad inició el 10 de abril de 2013, en la que primero se estableció contacto con cada empresa, a fin de determinar la factibilidad de aplicarle una encuesta; en los casos afirmativos, el cuestionario se utilizó para conocer su situación en términos de superficie de CSA instalados por sector (industrial y de servicios) y cuántos de éstos estaban relacionados con la norma solar del Distrito Federal (NADF).

---

<sup>7</sup> Evaluación de la Norma Ambiental del Distrito Federal “NADF-008-AMBT-2005”, colaboración entre USAID y el GDF, septiembre de 2010; Sergio Segura y Pablo Cuevas, Abt Associates, Inc.

<sup>8</sup> La base de datos se generó a partir de la información proporcionada por los proveedores de los equipos.

iv. Revisión de un estudio sobre la evaluación de la NADF<sup>9</sup> (USAID-GDF): En la cuarta etapa se llevó a cabo la revisión de un estudio sobre la evaluación de la “Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-008-AMBT-2005” realizado en el marco de la colaboración entre la USAID y el GDF, de donde se extrajo información de empresas que instalaron CSA para cumplir con la norma ambiental, la cual de acuerdo al estudio fue proporcionada por instaladores de sistemas fototérmicos.

v. Análisis de las bases de datos (BD) de la Licencia Ambiental Única del Distrito Federal: En la quinta etapa, se hizo una revisión documental de las BD de la Licencia Ambiental Única para el DF (LAUDF) siguientes:

- 1) **La BD información general**, que contenía registros de establecimientos para el período 2005<sup>10</sup>-2013, y que incluía diferentes trámites: actualizaciones, respuesta a avisos de incumplimiento (apercibimientos) y solicitudes de la LAU-DF<sup>11</sup>.
- 2) **La BD del Anexo A. Emisiones a la Atmósfera, llamada para este estudio BD Anexo A Maquinaria**, la cual contiene información referente a maquinaria y equipo que genera emisiones a la atmósfera. Esta base fue el resultado de una depuración de la anterior, realizada por la Dirección de Regulación Ambiental, y que contiene información, de los establecimientos que reportaron el anexo A concerniente a maquinaria de combustión, entre los que pueden estar aquellos que generan agua caliente y aquellos que han instalado CSA.
- 3) **La BD del Anexo A. Emisiones a la Atmósfera, llamada para este estudio BD Anexo A Maquinaria Solar** obtenida de la BD General por la Dirección de Regulación Ambiental, seleccionando aquellos establecimientos que reportaron haber instalado CSA, independientemente de que estuvieran o no sujetos a la NADF.

Cierto es que la revisión se podría haber enfocado únicamente en la BD del Anexo A Maquinaria Solar puesto que ésta es la fuente que realmente proporciona información sobre los establecimientos que instalaron CSA, sin embargo, no proporcionaría la información completa que permita evaluar si

---

<sup>9</sup> Evaluación de la Norma Ambiental del Distrito Federal “NADF-008-AMBT-2005”, colaboración entre USAID y el GDF, septiembre de 2010; Sergio Segura y Pablo Cuevas, Abt Associates, Inc.

<sup>10</sup> Se revisó información a partir del mes de abril de 2006, año en el cual entró en vigor la norma ambiental.

<sup>11</sup> Cada expediente del establecimiento está integrado por un número diverso de registros que puede ser por apercibimientos, actualizaciones y solicitud de LAU-DF.

estaban sujetos al cumplimiento de la NADF y por otro lado, faltarían los establecimientos que sí tenían que cumplir e instalaron o no instalaron.

Para los fines del estudio, a las tres BD se les aplicaron diversos criterios de filtrado, primero para obtener el número de establecimientos de cada una ya que se constituían inicialmente de registros que correspondían a diferentes trámites. Posteriormente, a la base de datos resultante con los establecimientos ya filtrados, se le aplicó los principales criterios que marca la NADF con el fin de identificar aquellos que estaban sujetos al cumplimiento de la norma, y de estos, cuales habían instalado CSA, y cuales no. En la sección 8.3 se describe con detalle el proceso aplicado para el análisis de la información de la LAUDF, la problemática encontrada en dicho análisis y los resultados del mismo.

El resultado del análisis de las licencias, (sección 8.3) se cruzó con la información obtenida de las encuestas, lo que entre otros aspectos permitió detectar si los proyectos reportados por los fabricantes-instaladores que tenían que cumplir con la NADF, fueron consignados en la citada LAU.

Finalmente, se evaluaron, en los casos en los que fue posible, los beneficios de la instalación de CSA en términos de los ahorros de energía y los GEI evitados así como el tipo de tecnología instalada principalmente. Esto, a través de la consulta de expedientes de los establecimientos que instalaron CSA y que contenían información suficiente para dicha evaluación.

## **4 Conceptos básicos y tipos de calentadores solares para agua**

A fin de contextualizar al lector en materia de energía solar, se consideró pertinente desarrollar este capítulo, en el cual se mencionan aspectos básicos de la energía termosolar, las tecnologías existentes y su situación actual en el mercado nacional.

### **4.1 Energía termosolar**

La energía solar térmica, también llamada termosolar, es la radiación proveniente del sol que llega a la Tierra y que es factible de aprovechar, entre varias de sus posibilidades, en forma de calor, a través de un sistema de transferencia térmica a un fluido, generalmente agua-, que elevada su temperatura puede utilizarse para diversos fines: sanitarios (lavamanos y regaderas), lavanderías y tintorerías,

calefacción de viviendas y piscinas, precalentamiento para usos industriales, entre los principales.

Los beneficios de aprovechar la energía solar están asociados a la reducción de costos en sus aplicaciones, derivada de la sustitución de combustibles (en general fósiles) y a la disminución de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, en particular los GEI.

## 4.2 Tipos de sistemas calentadores solares para agua y sus aplicaciones

Los sistemas de calentadores solares para agua se clasifica de acuerdo a tres rangos de temperatura aproximados:

- de baja: hasta 100°C,
- de media: entre 100°C y 300°C,
- de alta: entre 300°C y 500°C.

Los sistemas que caen en el rango de aplicación de la NADF-008-AMBT-2005 son los de baja temperatura.

Estos sistemas se conforman por lo general de un arreglo de tubos -que pueden ser de cobre, plástico o vidrio-, recubiertos con una pintura o película selectiva colectora de la radiación solar y colocados en una caja -por lo regular de aluminio- que se cubre con una placa -comúnmente de vidrio- para su protección.

### 4.2.1 Tecnologías de calentadores solares para agua

Además del nivel de temperatura de operación, los CSA también se clasifican en función de los materiales usados y del arreglo de sus secciones.

Se considera que no hay una tecnología superior a otra, sino que cada una presenta ventajas y desventajas, por lo que su selección –tipo de colector, superficie útil, dimensiones de las partes, etc.- se basa en los requerimientos – aplicaciones- del agua caliente -el volúmen y sobre todo su temperatura-, lo que está determinado por el nivel de radiación solar en el sitio de la instalación. Con base en lo anterior, se pueden citar los siguientes sistemas:

#### 4.2.1.1 Calentadores solares planos

Son los colectores más comunes y consisten en una superficie metálica plana (de ahí su nombre), recubierta con pintura o una película selectiva de alta absorción de la radiación, a la cual se sueldan los tubos aletados (por lo general de cobre oscuro y sin brillo) que usualmente reciben un tratamiento de galvanización de cromo-negro,<sup>12</sup> para igualmente favorecer la captación solar y por los que se conduce el fluido de trabajo (básicamente agua).

El conjunto de placa y tubos se coloca en una caja o carcasa igualmente de metal, que tiene en su interior un aislante para minimizar las pérdidas térmicas y se cubre con una tapa transparente (vidrio o policarbonato, muy resistente a la intemperie),<sup>13</sup> para favorecer la absorción y crear el efecto invernadero. Sus dimensiones típicas son de 1.20 m por 1.60 m, 1.50 m por 1.50 m y 1.50 m por 2.00 m.

Estos sistemas son de montaje sencillo, de funcionamiento y operación elemental y con la característica que les permite integrarse de manera modular, lo que facilita su ampliación (en caso necesario), además de tener un relativo bajo costo (respecto a otras tecnologías) y una amplia oferta en el mercado.

#### Ilustración 3. Ejemplo de calentadores solares planos con cubierta



*Fuente: Procobre-SEDEMA*

<sup>12</sup> También puede ser níquel-negro o aluminio-negro, y lo más reciente en revestimiento es el TiNOx, una película multi-capas cuyo índice de absorción (eficiencia de captación) es muy alto ( $\geq 90\%$ ), propio para temperaturas elevadas, además de bajos niveles de irradiación y sobre todo, sus materiales pueden reciclarse; aunque su utilización actual es en colectores de concentración –no tratados en este estudio-, está en proceso su aplicación en CSA.

<sup>13</sup> De ahí que estén clasificados como colectores planos con cubierta.

En contraparte, presentan una baja eficiencia *versus* los colectores de tubos evacuados (ver más adelante). Suelen ser relativamente pesados (del orden de 20 kg sin agua, por colector) por lo que no se recomienda instalarlos en estructuras ligeras, además de que deben ir bien anclados al techo o al armazón de soporte. Entregan agua caliente (dependiendo de la velocidad del agua)<sup>14</sup> a una temperatura de entre 60°C a 70°C (baja temperatura). Son de uso rudo y requieren de un mínimo mantenimiento.

Su principal aplicación es en usos sanitarios (regaderas y lavamanos), ya sea en residencias, comercios o industrias. En éstas últimas también puede emplearse como calor de proceso cuando el agua alcanza temperaturas mayores a 60°C.

Actualmente en el mercado nacional, un sistema (*kit*, colector y termo-tanque) para una vivienda típica<sup>15</sup> tiene un costo aproximado entre \$9,000 y \$22,000, dependiendo del área de captación y la capacidad del acumulador de agua (termotanque).

#### 4.2.1.2 *Calentadores solares de copolímero (plástico)*

Son una variación de los calentadores solares planos, generalmente sin tapa (aunque se ofertan igualmente los cubiertos), cuyas dimensiones más comunes del área de captación son de 1.20 m por 1.50 m; su aplicación preponderante es el calentamiento de agua para albercas y tanto la superficie de absorción como los tubos de conducción del flujo de trabajo son de material plástico (negro), con predominio del polietileno de alta densidad. Su configuración se asemeja a una alfombra, que de hecho funciona como tal, pues dada su flexibilidad pueden enrollarse fácilmente.

Estos sistemas son resistentes al agua clorada (o sin tratar), las acciones de la naturaleza (lluvia, granizo congelamiento), los rayos UV, la intemperie (exposición prolongada al ozono), los cambios climáticos, los productos químicos, la abrasión y corrosión, y la formación de depósitos e incrustaciones. Tienen capacidad para calentar grandes flujos con una alta velocidad de circulación, logrando elevar su temperatura entre 5-8°C; son mucho más livianos que sus homólogos (2 kg sin agua y 5 kg con ésta) y tienen una mayor vida útil y eficiencia de captación (valor medio de 82%, aunque globalmente es baja), así como un costo 50% menor que cualquier otro colector plano convencional. Su instalación es barata y sencilla, no necesitan mantenimiento y aporta agua caliente desde 21°C y hasta 38°C (aunque se ha reportado incluso 50°C). De lo anterior se tiene que presentan una excelente

---

<sup>14</sup> La circulación del fluido de trabajo puede ser natural o por termosifón, es decir, su movimiento se induce por la convección libre generada por la diferencia de densidades entre el agua fría y la caliente.

<sup>15</sup> Considerando una familia compuesta por cuatro personas.

relación costo-beneficio, aunque sólo pueden operar a baja presión (0.5 bar) en circulación por termosifón.

#### Ilustración 4. Calentadores de copolímero



Fuente: SEDEMA

#### 4.2.1.3 Calentadores solares de tubos evacuados

Su funcionamiento se basa en el denominado *principio de concentración* y se trata de colectores conformados por dos tubos de vidrio concéntricos y con vacío entre ellos, funcionando el exterior como superficie reflejante<sup>16</sup> y el interior como absorbente, siendo éste de Borosilicato, que puede ser bicapa (de color oscuro – cromo-negro- o blanco) o tricapa (tono rojizo). Éste puede alcanzar temperaturas igual o mayores a 100°C, lo que permite incluso generar vapor de baja presión (1.0-1.5 kg/cm<sup>2</sup>); esto se debe a las reducidas pérdidas térmicas, producto del vacío presente, presentando así una alta eficiencia de absorción (superior a los colectores planos), lo que implica una superficie menor para un mismo requerimiento térmico.

La tecnología de tubos al vacío es actualmente la más eficiente de las empleadas en los CSA (del orden de 35% más que los planos), lo que se debe a que los procesos de transferencia de calor que en ellos se presentan (radiación, convección y conducción) son más eficaces, hecho derivado de la mayor reflexión y absorción que da una mayor superficie de exposición -dada su configuración cilíndrica y concéntrica-.

A esto hay que agregar que presentan menores mermas de energía (por

---

<sup>16</sup> Refleja los rayos incidentes a la superficie del tubo interior.

convección y conducción) debido al vacío, a lo que se suma la ausencia de pérdidas nocturnas, que obedece a la disposición de acople de los tubos al termotanque, que hace la transferencia térmica irreversible, es decir, el agua caliente no puede pasar del acumulador a los ductos y por lo tanto disminuir su temperatura. Además, pueden operarse por flujo termosifón<sup>17</sup> y la independencia entre los ductos permite cambiarlos estando en funcionamiento.

En contraparte, sus desventajas son: ser muy pesados (185 kg con agua), por lo que no deben instalarse en estructuras ligeras y en caso de colocarse en el techo, deben estar bien anclados; requieren, los sellos entre los tubos y el termotanque, mantenimiento periódico; son frágiles en su manejo, transporte e instalación; presentan menor resistencia al vandalismo y no soportan fuertes granizadas si el espesor del tubo exterior es menor a 1.5 mm.

En esta categoría se tienen dos esquemas generales en función de las condiciones de transferencia de calor al fluido de servicio: directa e indirecta o caloriductos (heat-pipe).

#### Ilustración 5. Calentadores de tubos al vacío o evacuados con termotanque



*Fuente: SEDEMA-INVI DF*

En el primer caso, los tubos evacuados están ensamblados directamente con el depósito acumulador (termotanque) y el fluido a calentar y el de trabajo es el mismo, generalmente agua, que en su paso por los ductos, éstos le ceden (por convección) la energía térmica producto de la radiación captada.

En adición a las ventajas ya citadas, estos colectores pueden colocarse en posición tanto horizontal como vertical sin disminución de su rendimiento, ya que

---

<sup>17</sup> Movimiento del fluido debido a una diferencia de densidad entre el agua caliente (menor) y fría (mayor).

el tubo absorbedor puede rotar sobre su eje, permitiendo optar por la inclinación más adecuada para una máxima captación solar.

En contraparte, estos sistemas son muy sensible a la presión y no ofrecen ninguna protección contra las bajas temperaturas, por lo que no se recomienda su instalación en zonas con inviernos fríos, salvo que se integre un calentador al termotanque.

Su costo aproximado está entre los \$5,500 y \$15,000, dependiendo del número de tubos y de la capacidad del termo-tanque.

En el segundo caso, caliroducto, el medio de transferencia es un compuesto de bajo calor específico, por lo general glicol, que durante el tiempo de insolación (o hasta que el colector ha alcanzado la temperatura de operación), tiene un proceso continuo de evaporación (vía la ganancia de la energía absorbida por los tubos) y condensación (en el que cede su calor latente al flujo de servicio). De aquí que estos sistemas sean considerados como un superconductor térmico. (de ahí su nombre de caliroducto).

Sus principales ventajas, en adición a las generales ya citadas para este tipo de colectores, son el de aportar una mayor temperatura durante la época invernal y de no presentar problemas de congelación en ésta misma (dado el muy bajo punto de fusión del glicol), además de poder operarlos a altas presiones (tanque elevado, red municipal, equipo hidroneumático, etc.). Sus desventajas ya fueron citadas.

Un sistema de estos tiene un costo aproximado de entre \$15,000 y \$40,000, dependiendo del número de tubos y de la capacidad del tanque.

**Ilustración 6. calentadores de tecnología Heat Pipe**



*Fuente: SIESOL-MORELIA*

De todo lo anterior es claro que los CSA pueden utilizarse en diversas aplicaciones, aunque cada tecnología tiene algunas preferencias, por ofrecer una mejor relación beneficio-costos.

En el caso de los colectores planos de plástico o copolímero, éstos son excelentes para albercas y fosas de clavados, dado que son muy resistentes a la acción corrosiva del agua (clorada o no tratada) y por su poco peso pueden ser instalados en techos, usando una estructura ligera.

Los colectores planos metálicos y los evacuados cubren una amplia gama de servicios, tanto en el sector residencial (casas habitación individuales o edificios de departamentos), como en el industrial (agroalimentaria, como conservas, tortillerías, otras) y comercial (lavanderías, hoteles, restaurantes, hospitales, clubes deportivos, gimnasios, regaderas públicas).

Los requerimientos de temperatura del agua determinará la tecnología a seleccionar, siendo los colectores planos recomendables para cuando ésta no excede 70°C (o 100°C como máximo) y los evacuados para valores superiores o para generar vapor de baja presión.

**Ilustración 7. Aplicación de calentadores solares planos con cubierta, para usos sanitarios  
en el campo de CU, Ciudad de México**



*Fuente: SEDEMA-CYSTE.*

## 5 Evolución de los CSA y mercado en México

En el presente capítulo se muestra la evolución de los CSA en el país, en términos de los metros cuadrados instalados y de la conformación de la oferta y demanda tecnológica y sectorial en México; además, se analiza brevemente la problemática identificada en cuanto a la falta de calidad de un buen porcentaje de equipos presentes en el mercado y la insuficiente calificación laboral del personal que los coloca.

### 5.1 Crecimiento del mercado de calentadores solares planos y su aplicación

En México, en el 2000, se tenían instalados más de 373 mil m<sup>2</sup> de colectores solares planos,<sup>18</sup> alcanzando los 2.0 millones-m<sup>2</sup> en 2011 (un incremento de 430%), lo cual representó una reducción de emisiones 418.5 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e,<sup>1920</sup>. Ver Tabla 2 y Gráfica 1.

---

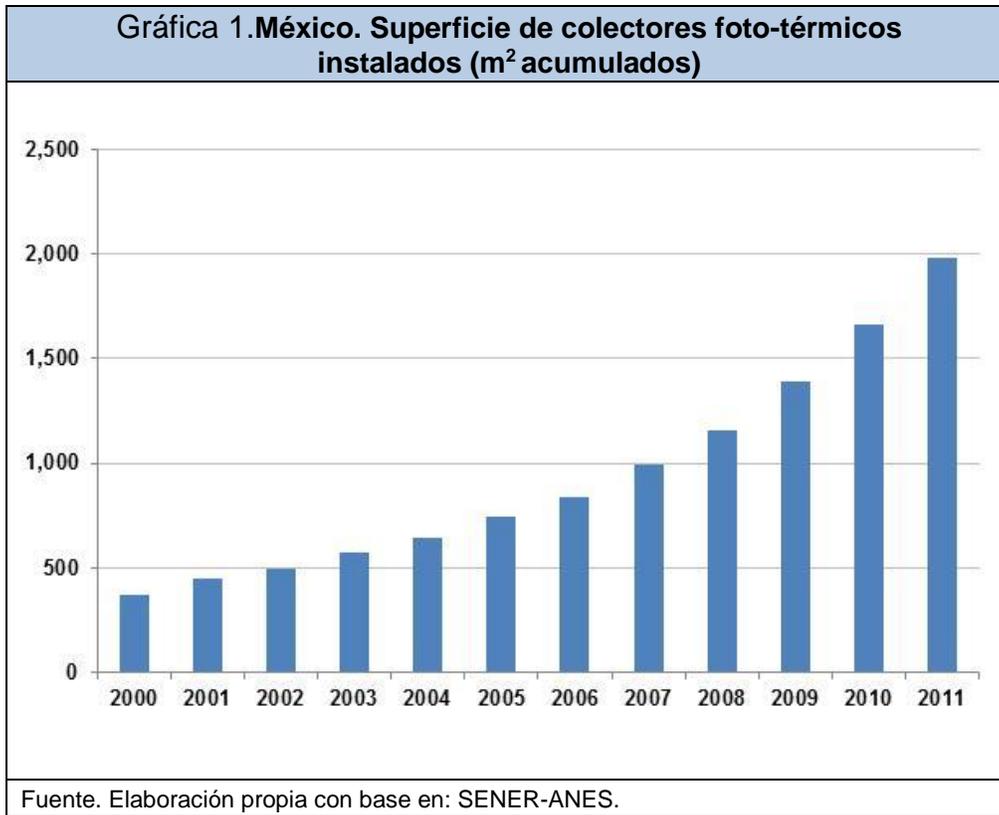
<sup>18</sup> Fuente: “Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2006”, SENER-GTZ.

<sup>19</sup> Estimación a partir de los datos del Balance de Energía 2011 de la SENER.

<sup>20</sup> CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e), medida universal que se refiere a las emisiones de todos los gases de efecto invernadero utilizando como medida de referencia el CO<sub>2</sub>.

**Tabla 2. Crecimiento de calentadores solares planos en México, 2000-2011**

Calentadores solares planos	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Total instalados (m-m <sup>2</sup> )	44.9	74.6	50.9	75.3	68.7	100.3	96.7	154.3	165.6	233.3	272.6	312.6	
Acumulado Total (m-m <sup>2</sup> )	373.1	447.7	498.6	573.9	642.6	743.0	839.7	994.0	1,159.6	1,392.9	1,665.5	1,978.1	
Eficiencia promedio; %	40	40	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	
Radiación solar promedio: (MJ/m <sup>2</sup> -día)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	
Generación de calor útil (TJ)	980	1,177	1,310	1,508	1,689	1,953	2,207	3,265	3,809	4,576	5,471	6,498	
GEI evitados (m-t-CO <sub>2</sub> e/a)	63.1	75.8	84.4	97.1	108.8	125.7	142.1	210.3	245.3	294.7	352.3	418.5	
Uso Final	Calentamiento de agua	Calentamiento de agua para albercas y uso sanitario	Calentamiento de agua para albercas, hoteles, clubes deportivos, casas habitación e industrias								Calentamiento de agua para albercas, hoteles, clubes deportivos, casas habitación, hospitales, sector agropecuario e industrial		
m-m <sup>2</sup> = miles de metros cuadrados. Los GEI evitados en términos del GLP sustituido. Fuente: SENER-ANES.													



Lo anterior muestra que el mercado de CSA se ha desarrollado exitosamente, dejando de ser una tecnología poco conocida por la población, a tener una presencia más visible en el quehacer diario. Este crecimiento se debe en buena parte a las medidas orientadas al aprovechamiento del importante potencial solar del país (Tabla 2), promovidas por el gobierno federal a través de PROCALSOL y del Programa de Hipotecas Verdes del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), en adición a la norma del DF. En 2011, la principal aplicación de los CSA estaba en el sector residencial (57%), seguido por el de servicios (38%) y finalmente por el industrial (cerca del 5%) y otros (con un porcentaje no significativo), ver Gráfica 2.



En términos de tecnología, de acuerdo a los datos del mercado del 2008,<sup>21</sup> la más vendida en el país fue la de copolímero, con un porcentaje de 48%, siendo su uso típico en albergas. En los sectores doméstico e industrial, los equipos más comercializados fueron los de tubos evacuados, seguido de los planos, 26% y 23% respectivamente.



<sup>21</sup>Procalsol 2007-2012: Avances 2007 – 2009 y Plan Operativo 2010, SENER-CONUEE-GTZ-ANES.

## 5.2 Oferta de CSA y problemática identificada

Como ya se citó, en México la oferta de CSA ha crecido exponencialmente, siendo pocas las empresas fabricantes, que por su larga presencia en el país ( $\approx 50$  años) cuentan a la fecha con una amplia experiencia.

Actualmente, el mercado nacional está constituido principalmente por empresas pequeñas que comercializan sistemas importados de Asia (principalmente de China), de bajos costos, pero que no todos los equipos cumplen con las especificaciones y normas de fabricación e instalación internacionales.

Desafortunadamente son éstos los que se venden mayoritariamente en el país, a pesar de que siguen presentes los fabricantes nacionales y algunos internacionales (de Alemania e Israel) que sí ofertan productos de calidad mundial.

Esta situación es la que ha originado serios problemas en las instalaciones, no sólo por lo citado anteriormente en cuanto al incumplimiento de estándares internacionales, sino más aún, por el cálculo erróneo de las dimensiones y una mala instalación de los sistemas, que resulta en un deficiente funcionamiento (en el mejor de los casos) y hasta en una inutilidad total del equipo (en el peor).

Como ya se mencionó, esto tiene su causa principal en la muy baja capacidad técnica del personal involucrado, contrariedad que se agudiza si tales actividades no las realiza la misma empresa vendedora, pues esto obliga a ésta o al usuario a contratar trabajadores con poca o ninguna experiencia en montaje de CSA.

Lo anterior resulta en equipos que no satisfacen las expectativas de ahorro de energía, de bajo mantenimiento y de larga vida útil, y esto ocurre aun y cuando el equipo contará con certificación de calidad, pues la eficiencia en su funcionamiento depende, como ya se dijo, de que el cálculo de las características físicas del sistema y su instalación se hayan realizado con estándares internacionales.

A lo anterior hay que agregar que el consumidor generalmente desconoce las características técnicas de los CSA y por tanto cuáles son los adecuados para sus requerimientos, así que su elección se basa en el que tiene el menor precio, sin informarse sobre su calidad y si la empresa vendedora cuenta con refacciones, si ofrece garantías, si está certificada y sobre todo si tiene suficiente experiencia en estos sistemas, es decir, si su presencia en el mercado es de 2 años o más, período mínimo considerado (empíricamente) como un buen respaldo de su seriedad, pues no es raro que el comercializador no se haga responsable de los defectos de fabricación y montaje, más aún cuando las compañías desaparecen, lo que tampoco es poco común.

Ante tal problemática es clara la urgente necesidad, por un lado, de implantar un esquema de capacitación que permita a los técnicos encargados de la ingeniería, instalación y mantenimiento de los CSA, obtener las certificaciones de competencia laboral adecuada a cada caso o tipo de instalaciones, existentes en el país (como las asociadas a los programas de fomento y sobre todo a las de la SEP en su programa Conocer).<sup>22</sup> Al respecto, cabe señalar que ya existe un estándar de competencia laboral para la instalación de CSA en viviendas sustentables bajo el CONOCER. Por otro lado impera también la necesidad de, difundir entre los usuarios la importancia de tener en cuenta este aspecto al momento de su compra, así como los altos riesgos en los que se incurre por sólo considerar el aparente mejor precio.

---

<sup>22</sup> CONOCER es la entidad del gobierno federal responsable de promover, coordinar y consolidar en México un Sistema Nacional de Competencias Laborales, a fin de contribuir a un mayor nivel de competitividad económica, desarrollo educativo y progreso social para todos los mexicanos; está bajo la tutela de la SEP: Secretaría de Educación Pública.

## 6 Marco Legal

### 6.1 Normatividad solar en México

Hasta hace poco tiempo, en México se contaba con poca normatividad relacionada con los estándares de calidad que debían cumplir los CSA que aquí se comercializaban. Esta carencia, aunada a lo ya señalado sobre la falta de conocimiento sobre estos sistemas por parte de los consumidores y de competencias técnicas de los oferentes de estos equipos, fueron las causas de que, por mucho tiempo, en el mercado nacional se introdujeran sistemas de baja calidad, creando desconfianza en los usuarios y con ello un cierto estancamiento en el ritmo de ventas directas a particulares, fuera de los programas gubernamentales.

Por tal razón, en los últimos años se han realizado diversas acciones orientadas a reforzar el mercado, destacando las relacionadas con la creación de un marco regulatorio integral para los SFT en México.<sup>23</sup> En este sentido, se han desarrollado disposiciones voluntarias enfocadas a asegurar el ahorro de combustible y la calidad de los CSA, entre los que están los citados a continuación (actualmente vigentes):

- NMX-ES-001-NORMEX-2005, Energía Solar – Rendimiento Térmico y Funcionalidad de Colectores Solares para Calentamiento de Agua. Métodos de Prueba y Etiquetado. (parcialmente equivalente a la Norma Internacional ISO 9806-1:1994).

“Que establece los métodos de prueba para determinar el rendimiento térmico y las características de funcionalidad de los colectores solares que utilizan como fluido de trabajo agua, comercializados en los Estados Unidos Mexicanos”.

- NMX-ES-002-NORMEX-2007, Energía Solar – Definiciones y Terminología. (parcialmente equivalente a las normas internacionales ISO 31-6:1992 e ISO-9488-1999).

Que establece los vocablos, la simbología y la definición de los conceptos más usados en el campo de la investigación y el desarrollo de la tecnología para el mejor uso de la radiación solar como fuente alternativa de la energía.

---

<sup>23</sup> Línea de Acción 1: Regulación del Programa para la Promoción de Calentadores solares para agua en México (Procalsol 2007-2012).

- NMX-ES-003-NORMEX-2007 , Energía Solar – Requerimientos Mínimos para la Instalación de Sistemas Solares Térmicos para Calentamiento de Agua (sin equivalencia con normas internacionales).

“La norma se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos, electrónicos y demás que forman parte de las instalaciones de sistemas termo-solares de más de 500 litros; para sistemas menores de 500 litros se aplica lo establecido en el apéndice normativo I”.

- NMX-ES-004-NORMEX-2010 orientada a la “Energía Solar - Evaluación Térmica de Sistemas Solares para Calentamiento de Agua. Método de Prueba”.

“Que establece el método de ensayo (prueba) para evaluar y comparar el comportamiento térmico de los CSA, principalmente para uso doméstico hasta una capacidad máxima de 500 litros y hasta una temperatura máxima de 90°C como dominio de temperaturas de agua caliente”.

Cabe señalar que en el marco regulatorio nacional, todas las normas NMX son de carácter voluntario. En adición a éstas, también se tienen otras disposiciones, igualmente voluntarias o de referencia:

- Norma Técnica de Competencia Laboral (NTCL) “NUSIM-005-01, Instalación de CSA”, por la que se evalúa y acredita a las personas (plomeros y técnicos) que colocan tales equipos, que cuentan con las aptitudes necesarias para interpretar diagramas y manuales, para preparar el área, los materiales y las herramientas requeridas en su emplazamiento, y para su puesta en marcha y mantenimiento; fue publicada el 5 de febrero de 2009 en el Diario Oficial de la Federación.
- El Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda (DTESTV). Este documento establece las especificaciones que deben cumplir los sistemas de calentadores solares para agua que cuenten con equipo de respaldo a base de gas LP o gas natural, electricidad o cualquier otra, además de los métodos de prueba para verificar el cumplimiento de dichos criterios y los requisitos de marcado y etiquetado. Sus disposiciones aplican a los CSA considerados en los programas de vivienda que instrumenten las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal, centralizada y paraestatal, así como los organismos del servicio social cuya función sea otorgar financiamiento a la vivienda para su adquisición. Se publicó el 25 de noviembre de 2011 y entró en vigor de forma obligatoria el 1 de julio de 2012.

- CSA en agronegocios

Es un manual que contiene especificaciones técnicas y recomendaciones de diseño, montaje y operación, dirigidas a obtener el rendimiento energético, la calidad integral del sistema y la seguridad de funcionamiento máximos de las instalaciones térmicas solares en México utilizados en los agronegocios.

A nivel estatal, el gobierno municipal del Centro de Tabasco, con apoyo de ICA-Procobre,<sup>24</sup> desarrolló una Norma Técnica Complementaria que habla sobre la instalación de calentadores solares, sólo falta finiquitar el trámite de su publicación, que se espera esté listo antes de que concluya la administración actual en 2015.

A pesar de todas estas iniciativas, actualmente la única norma obligatoria que se tiene es la NADF, cuyo origen se tiene en la estrategia del GDF desarrollada a partir de 2005 y dirigida a promover las energías renovables, en particular la solar. Esto debido a que la Ciudad de México cuenta con una irradiación promedio anual importante (5.2 kWh/m<sup>2</sup>-d ~ 18.8 MJ/m<sup>2</sup>-d), por lo que la estrategia incluyó la elaboración de dicha norma ambiental.

La NADF establece las especificaciones técnicas de los CSA a emplearse en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías. Se publicó el 7 de abril del 2006 en la Gaceta Oficial del DF y aplica a los nuevos establecimientos y a los que realicen una remodelación total de sus instalaciones y requieran agua caliente para realizar sus actividades, y en todos los casos, que su personal no supere los 50 empleados.

Con su entrada en vigor, la norma tuvo un impacto en los procedimientos administrativos y trámites del D.F., como son:

Procedimientos regulatorios relacionados con la construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones solares.

*Construcción y obra*

- Manifiesto de Construcciones,
- Aviso de Terminación de Obra,
- Visto Bueno de Seguridad y,
- Renovación del Vo Bo de Seguridad y,
- Registro de Seguridad Estructural

---

<sup>24</sup> ICA-Procobre lleva a cabo una estrategia para que los estados y municipios del país evalúen la pertinencia de incorporar los CSA en sus Reglamentos de Construcción, para impactar en todos sus sectores productivos, con un porcentaje de agua calentada por energía solar.

### *Protección civil*

- Programa de Protección Civil

### *Establecimientos*

- Aviso de Declaración de Apertura,
- Renovación de la Declaración de Apertura

### Procedimientos regulatorios relacionados con las políticas de desarrollo sostenible: .

- El Manifiesto de Impacto Ambiental,
- El Registro de Obra Ejecutada,
- La Licencia Ambiental Única en su Anexo A,
- Las Auditorías Ambientales y,
- Las Visitas de Verificación.

En todos éstos era necesario hacer adecuaciones, a fin de proporcionar a las autoridades elementos para evaluar y vigilar el cumplimiento de la NADF.

Para tal efecto, en 2008 la SEDEMA, con la asistencia técnica de la USAID, diseñó las propuestas de modificación requeridas en cada procedimiento, pero sólo se pudo incidir en la Licencia Ambiental Única (LAUDF).

Por el interés de la SEDEMA se ha venido trabajando con la Secretaría de Obras y Servicios del GDF en el análisis y propuesta de cambios al “Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y a sus Normas Técnicas Complementarias”, teniéndose a la fecha una propuesta que incluye al sector vivienda en ésta última regulación, previamente excluida.

En conclusión se tiene que, no obstante las diversas iniciativas impulsadas a la fecha en materia normativa de CSA, voluntarias y obligatorias, la problemática de calidad dudosa de los equipos ofertados y la necesidad de mejorar la competencias técnicas de los diseñadores e instaladores, sigue presente y por tanto no ha sido posible eliminar o al menos reducir la desconfianza de los consumidores y con ello tener un mayor desarrollo del mercado; esto reitera la urgente necesidad de fortalecer el marco normativo, así como los programas de capacitación del personal involucrado en todas las etapas de desarrollo de los CSA: fabricación, ingeniería, montaje y mantenimiento.

## 7 Impacto cualitativo de la norma NADF-008-AMBT-2005 – difusión y réplica

Este capítulo tiene el propósito de describir las diversas acciones realizadas en el país en cuanto a difusión de la NADF, lo cual obedece a que es la primera en su género y a la fecha la única obligatoria en el país, además de que se ha tomado como referencia en el desarrollo de regulaciones afines en diversos países de América Latina.

### 7.1 Difusión de la norma y promoción del tema a nivel nacional

En 2008, a iniciativa de PROCOBRE México y de la SEDEMA-DF, se promovió la NADF en las ciudades de Monterrey y Guadalajara a través de reuniones de trabajo en las que participaron diversas dependencias de los gobiernos de Jalisco y de Nuevo León, organizaciones civiles, cámaras y asociaciones industriales y de servicios, así como fabricantes y distribuidores. Asistió a dichas sesiones un total de 70 personas y en ellas los convocantes dieron a conocer sus experiencias. Con los asistentes acordaron impulsar una norma similar en ambos estados.

**Ilustración 8. Reunión de trabajo en la Ciudad de Guadalajara y Monterrey**



Fuente: Procobre

Los medios de comunicación de dichas localidades dieron amplia información sobre el evento, resaltando la favorable respuesta de los concurrentes, entre éstos estuvieron:<sup>25</sup>

<sup>25</sup> <http://www.cmic.org/cmhc/sejecutiva/cdetalle.cfm?seleccion=6070>

### Monterrey:

- W Radio Noticias (Televisa)
- Multimedia Radio de Nuevo León.
- Periódicos:
  - Milenio
  - El Financiero

### Guadalajara:

- Periódicos:
  - Ocho columnas
  - Público de Guadalajara
  - Periódico Mural.

Cabe mencionar que en ese momento ya estaba en desarrollo una norma solar para la ciudad de Guadalajara, misma que, a pesar de los acuerdos tomados en las reuniones, aún no se ha consolidado, lo que igualmente sucedió en el caso de Monterrey, donde ni siquiera hubo acciones posteriores a dichas sesiones.

### Ilustración 9. Impacto de la primera reunión en un diario de Monterrey



**Ilustración 10. Impacto de la segunda reunión en un diario de Guadalajara**



### Seminario de Energía Solar en México

En junio de 2009, el GDF, conjuntamente con USAID/México y la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), realizó un Seminario sobre "La energía solar en el país", enfocado a la utilización de la radiación en el calentamiento de agua, en el que igualmente se promovió tener un mayor aprovechamiento de las energías renovables.

En este evento la SEDEMA difundió el "Manual de capacitación de la norma solar" y el "Manual de instalaciones solares", documentos desarrollados con el objeto de apoyar el cumplimiento de la norma. También se abordó el tema de financiamiento, presentándose diversos esquemas para la adquisición-instalación de sistemas solares y se mencionaron los *casos de éxito* en el país.

**Ilustración 11. Seminario de Energía Solar 2009**



Fuente: SEDEMA GDF

Participaron en dicho Seminario más de 500 personas, entre representantes de empresas fabricantes y comercializadoras de tecnologías solares, de consultoría en eficiencia energética y fuentes renovables, de instituciones públicas y de instituciones de investigación.

**SEDEMA-USAID**

Desde la entrada en vigor de la NADF, la SEDEMA, con el apoyo de la USAID/México, ha desarrollado diversos proyectos enfocados a la difusión de esta disposición así como a la capacitación, evaluación y seguimiento de su aplicación; entre ellos destacan los siguientes:

- Estudio de campo sobre sistemas de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar en el DF;
- Materiales impresos para la impartición de cursos y talleres de capacitación;
- Manuales de capacitación para la correcta interpretación y aplicación de la norma, y para la adecuada instalación de los equipos solares de calentamiento de agua;
- Documento de recomendaciones para modificar los instrumentos ambientales que permitan verificar la aplicación de la norma y obtener una evaluación de la conformidad;
- Informes de avances en la aplicación de la norma solar;
- Propuestas para la inclusión del tema de CSA en el Reglamento de Construcciones del DF (modificaciones al Reglamento de Construcciones y elaboración de Norma Técnica Complementaria para el proyecto arquitectónico).

### Ilustración 12. Manuales de Capacitación e Instalaciones de la Norma Solar



## 7.2 Programas e iniciativas que consideraron la norma

1. Se utilizó como base para la creación de normas similares en las ciudades de Sao Paulo, Brasil y Santiago de Chile.
2. Se tomó como base en la creación de una Norma Técnica Complementaria para la instalación de calentadores solares (NTC-M Diseño e Instalación de Calentadores Solares) que formará parte del Reglamento de Construcciones del Municipio del Centro de Tabasco. El 27 de diciembre de 2012, en la Sesión del H Cuerpo Edificio del Ayuntamiento del Centro, fue aprobada la inclusión de dicha norma en el Reglamento, quedando pendiente su publicación oficial.
3. Se consideró en la definición de los criterios de vivienda sostenible del Código de Edificación de Vivienda (CEV), publicado por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI).
4. Se ocupó como fundamento para establecer las especificaciones técnicas que deben cumplir los sistemas foto-térmicos para calentamiento de agua a instalarse en el marco del Programa de Vivienda en Conjunto, coordinado por el Instituto de Vivienda del Distrito Federal (INVI-DF) y el Programa para la Sustentabilidad en Unidades Habitacionales, ambos bajo la jurisdicción de la Procuraduría Social del Distrito Federal (PROSOC).

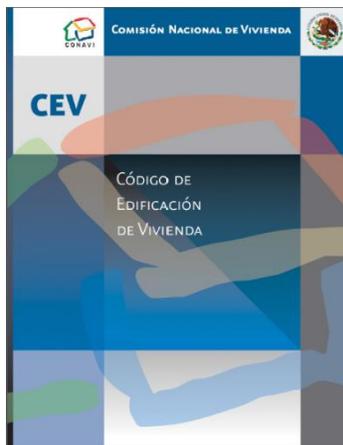
A continuación se describen algunos de los programas e iniciativas mencionados, que a nivel nacional consideraron la norma.

### 7.2.1 Código de Edificación de Vivienda (CEV) en México

Otro de los logros atribuibles a la norma ambiental solar del DF es que forma parte de los criterios técnicos de vivienda sustentable para el subsidio a la vivienda en México, al ser la base de la propuesta del Código de Edificación de Vivienda del Gobierno Federal, tanto en su primera edición de 2007, como en la segunda de 2010.

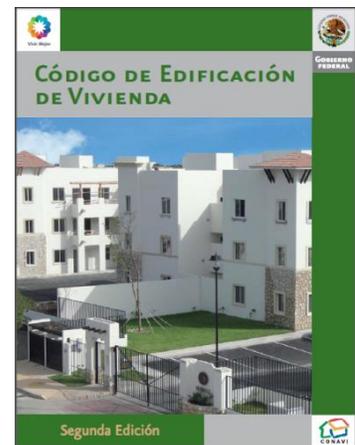
Su aporte se ve plasmado en el Capítulo 27: Sustentabilidad, en el apartado correspondiente a las energías renovables: (en específico en el 2703: Calentamiento de agua con energía solar y Anexo 2 – Documentación). (Ver ilustración 9). Esta sección en síntesis dice: “La capacidad mínima de operación del sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar debe ser tal, que provea al menos 50% del Consumo Energético Anual por utilización de agua caliente (CEA) para cada vivienda... Las viviendas imposibilitadas físicamente para cumplir con el porcentaje especificado de contribución solar, ya sea por insuficiencia de superficie disponible, sombras, orientación, o cualquier otra razón, deben instalar un sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar que cumpla con porcentajes menores...”<sup>26</sup>

Ilustración 13. Código de edificación de vivienda – Comisión Nacional de Vivienda



**2703.3 Calentamiento de agua con energía solar.** La capacidad mínima de operación del sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar debe ser tal, que provea al menos 50% del Consumo Energético Anual por utilización de agua caliente (CEA) para cada vivienda.

Las viviendas imposibilitadas físicamente para cumplir con el porcentaje especificado de contribución solar, ya sea por insuficiencia de superficie disponible, sombras, orientación, o cualquier otra razón, deben instalar un sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar que cumpla con porcentajes menores. Para esto deben demostrar plenamente dicha imposibilidad física mediante un documento en donde se indique de manera clara y precisa las razones de la imposibilidad física de la vivienda para instalar algún sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar, o bien las razones por las que únicamente puede cumplir con un por-



Fuente: CONAVI

<sup>26</sup>Código de Edificación de Vivienda 2007, Parte VI / Capítulo 27 / pág. 242

Código de Edificación de Vivienda 2010, Capítulo 27 /Sustentabilidad / pág. 317-318.

### 7.2.2 Programa Vivienda en Conjunto – INVI

En 2008, la SEDEMA-DF, a través de la NADF-008-AMBT-2005, logró incidir en la incorporación de criterios ecológicos en la adquisición de calentadores solares a instalarse en el marco del Programa de Vivienda en Conjunto “Vivienda Sustentable”, impulsado por el INVI-DF<sup>27</sup>, así como en el establecimiento de los requerimientos mínimos de calidad que deberán cumplir las instalaciones solares a fin de garantizar su óptimo funcionamiento.

**Ilustración 14. Programa de vivienda sustentable - INVI DF**



Fuente: INVI DF

### 7.2.3 Programa Integral de Mejoramiento Ambiental y Desarrollo Social en Unidades Habitacionales

En 2008, la SEDEMA-DF firmó un convenio de colaboración con la Procuraduría Social del DF, para apoyar el Programa Integral de Mejoramiento Ambiental y de Desarrollo Social en Unidades Habitacionales, cuyo objetivo era aumentar la calidad de vida en las áreas comunes de estos conjuntos de viviendas de interés social. Uno de los componentes de tal Programa fue el aprovechamiento de la energía solar, a través de la instalación de sistemas fotovoltaicos para iluminación de los sitios públicos y de CSA, los cuales deberían cumplir con las especificaciones fijadas en la NADF-008-AMBT-005. A pesar de los notables avances<sup>28</sup> que se tuvieron, a la fecha no ha sido posible conocer el número de sistemas solares colocados, carencia que se hace necesario cubrir, a fin de contar con elementos que permitan saber el grado de impacto de dicha norma en el propio territorio de su emisión.

<sup>27</sup> Esto se dio a través de asistencia técnica en el año 2007, en los inicios del programa. No existe documento donde esto haya quedado plasmado, sin embargo, la SEDEMA envió criterios basados en la NADF y la Dirección de Asistencia Técnica del INVI obligaba su cumplimiento a desarrolladores de vivienda.

<sup>28</sup>Informe de Avances 2012, Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012.

Ilustración 15. Programa Social Ollin Callan - PROSOC



Fuente: PROSOC DF

## 8 Impacto cuantitativo de la NADF-008-AMBT-2005 - tres fuentes de información

Este capítulo describe el impacto de la NADF-008-AMBT-2005 en lo que se refiere al número de instalaciones de calentadores solares que por la existencia de la norma, ya sea como instrumento de cumplimiento obligatorio o como referencia para la instalación voluntaria de dicha tecnología, fueron realizadas, así como los beneficios asociados en términos de ahorro de combustible (ahorro de energía) y de emisiones de GEI evitadas.

### 8.1 Evolución y breves comentarios de la NADF-008-AMBT-2005

La NADF-008-AMBT-2005, entró en vigor a partir del 7 de abril de 2006 y se enfocó durante su primer año básicamente a todas las albercas y fosas de clavados, así como a los establecimientos medianos (de 51 a 100 empleados) y grandes (más de 100 trabajadores) que utilizaban agua caliente para su operación (primer caso) o para uso sanitario (regaderas y lavamanos, segundo caso). Al año siguiente (a partir del 8 de abril de 2007), su adopción se extendió a los comercios medianos y grandes que la emplean en la cocina y en los servicios de lavandería y tintorería. Esto se conoció como gradualidad de aplicación de la norma, y se realizó para asegurar contar con los instrumentos adecuados para su correcta vigilancia.<sup>29</sup>

Cabe destacar las acciones que la SEDEMA realizó, con el objeto de difundir y hacer cumplir la norma a los sujetos regulados. Además de las acciones descritas en la sección de difusión y la elaboración de los manuales de apoyo para su cumplimiento, asignó a la entonces Dirección General de Regulación y Vigilancia Ambiental la responsabilidad y las facultades para gestionar su aplicación, incluidas las funciones de verificación y sanciones (Artículo 8: Observancia de la norma). Durante 2006 se abocó a fortalecer tal regulación y en 2007, con la asistencia técnica de la USAID, se trabajó en esta línea, esfuerzo del que surgieron dos propuestas globales: la primera, modificar los formatos de distintos ordenamientos –del Manifiesto de Impacto Ambiental, de la Licencia Ambiental Única del DF (LAUDF), de las Auditorías Ambientales y de la Verificación Ambiental-, a fin de incorporarles secciones en las que se capturara información relativa a los sistemas solares, así como la captura de información sobre otros equipos, y la segunda, consistió en transferir las jurisdicciones de la citada Dirección a las Delegaciones, no sólo porque aquella no cuenta con recursos suficientes para ejecutarlas, sino además porque éstas últimas son las que

---

<sup>29</sup>Fuente: NADF-008-AMBT-2005, Experiencias y Resultados (Junio-2008), Secretaría del Medio Ambiente del GDF, Dirección de Cambio Climático y Proyectos MDL.  
(Información proveniente de la experiencia de personal de SEDEMA y consultores de USAID que trabajaron en la elaboración de la Norma).

verifican el cumplimiento de tales regulaciones<sup>30</sup>.

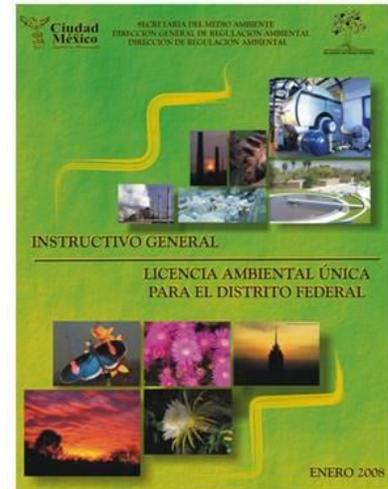
La ilustración 16 muestra la modificación de uno de los formatos de la LAU-DF en la que se incluyó la sección para reportar información sobre CSA.

**Ilustración 16. Modificación al trámite de la LAU-DF**

**A.5 CALENTADORES SOLARES**

Si el establecimiento utiliza calentadores solares en el desarrollo de sus actividades (ver apartado III.2 del Instructivo General), contestar la siguiente tabla. No aplica

NIP <sup>30</sup>	Modelo del calentador <sup>35</sup>	Instalador del sistema <sup>36</sup>	CEA solar (kJ/año) <sup>37</sup>	CEA tradicional (kJ/año) <sup>38</sup>	Masa equivalente de combustible ahorrado (m <sup>3</sup> /año) <sup>39</sup>



Resultado de lo anterior, en 2008 se logró la aprobación e incorporación de la modificación al Anexo A de la LAU-DF, pero desafortunadamente no se corrió con la misma suerte en el caso de la manifestación de impacto ambiental. Sin embargo, pese a no haberse contado con tal aprobación, hoy en día la Dirección de Evaluación e Impacto Ambiental en el oficio de trámite que los establecimientos realizan para la construcción de una instalación les informa sobre la obligación de cumplir con la NADF-008-AMBT-2005.

Al mismo tiempo que se reforzaban los mecanismos para la difusión y el cumplimiento de la norma, se realizaron algunos esfuerzos para evaluar el grado de dicho cumplimiento y su impacto a nivel del Distrito Federal. En este documento se ha recopilado la información disponible de diversas fuentes de tal forma que se cuente con un estimado tanto de los colectores instalados bajo el ámbito de aplicación de la norma como de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub>e evitadas por dichas instalaciones, objetivo central de este estudio.

A continuación se detalla el resultado de las investigaciones a través de revisión documental, entrevistas a empresas fabricantes e instaladoras y a la revisión de los registros de las LAUDF existentes en la SEDEMA.

<sup>30</sup>Actualmente esta labor se realiza en forma conjunta con el Instituto de Verificación Administrativa (INVEA), donde la Delegación ordena a los verificadores del Instituto la práctica de visitas de verificación.

## **8.2 Estimación del ahorro de energía y reducción de emisiones por la instalación de CSA a nivel comercial, industrial y de servicios en el DF entre 2006 y 2010 – estudio USAID**

Como se ha podido observar en este documento, existe un número importante de CSA que se han instalado, tanto a nivel nacional, como en el DF, y esta tecnología se ha aplicado, tanto a casas habitación, como a instalaciones comerciales, industriales y de servicios (independientemente de la aplicación de CSA, es decir ya sea para usos sanitarios, calentamiento de albercas o calentamiento de agua para aplicación industrial).

Se ha podido constatar que aunque hay fuentes de información un tanto “informales” (proveedores/instaladores), así como fuentes de información oficial, que cuentan con datos sobre las instalaciones realizadas, desafortunadamente la información es limitada, existiendo un vacío importante en ella, lo que no permite determinar a cabalidad el impacto, tanto energético, como económico y/o ambiental, por lo que es importante en el futuro próximo, tener presente esta situación en caso de querer implementar un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) formal.

La primer fuente de información consultada para el presente proyecto, fue una evaluación del impacto y del cumplimiento de la Norma para el aprovechamiento de energía solar en el Distrito Federal realizada en 2010, financiada y desarrollada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)<sup>31</sup> en colaboración con la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, como parte de las actividades del Programa de Competitividad en México, y dentro del componente de promoción de energías renovables.

De acuerdo con datos de la Secretaría de Medio Ambiente del D.F., desde la fecha en que la norma entró en vigor, se han hecho estimaciones generales respecto de la efectividad de su aplicación así como de su impacto en términos de reducción de emisiones de bióxido de carbono. Sin embargo, estas estimaciones se han evaluado a través de métodos indirectos y sin considerar el proceso completo de su aplicación ni a los actores que están involucrados con su cumplimiento.

A partir de la evaluación de la USAID, se tuvo conocimiento de un total de 119 instalaciones de CSA en el período de 2006 a septiembre del 2010.

Los datos generales de las instalaciones documentadas fueron las siguientes:

- Total de instalaciones: 119 entre los años 2006 y 2010,
- Superficie instalada: 44,013 m<sup>2</sup> de colectores,

---

<sup>31</sup> Evaluación de la Norma Ambiental del Distrito Federal “NADF-008-AMBT-2005”, colaboración entre USAID y el GDF, septiembre de 2010; Sergio Segura y Pablo Cuevas, Abt Associates, Inc.

A partir de estos valores tomados del estudio, se realizó una estimación del impacto en el ahorro de energía y la reducción en las emisiones de bióxido de carbono de cada instalación, la cual se detalla en el anexo 1 y se realizó una proyección del impacto a 2014, considerando que los equipos se mantenían en operación (Gráfica 4).

De esta estimación realizada para el presente estudio, se estima para el total de las instalaciones evaluadas:

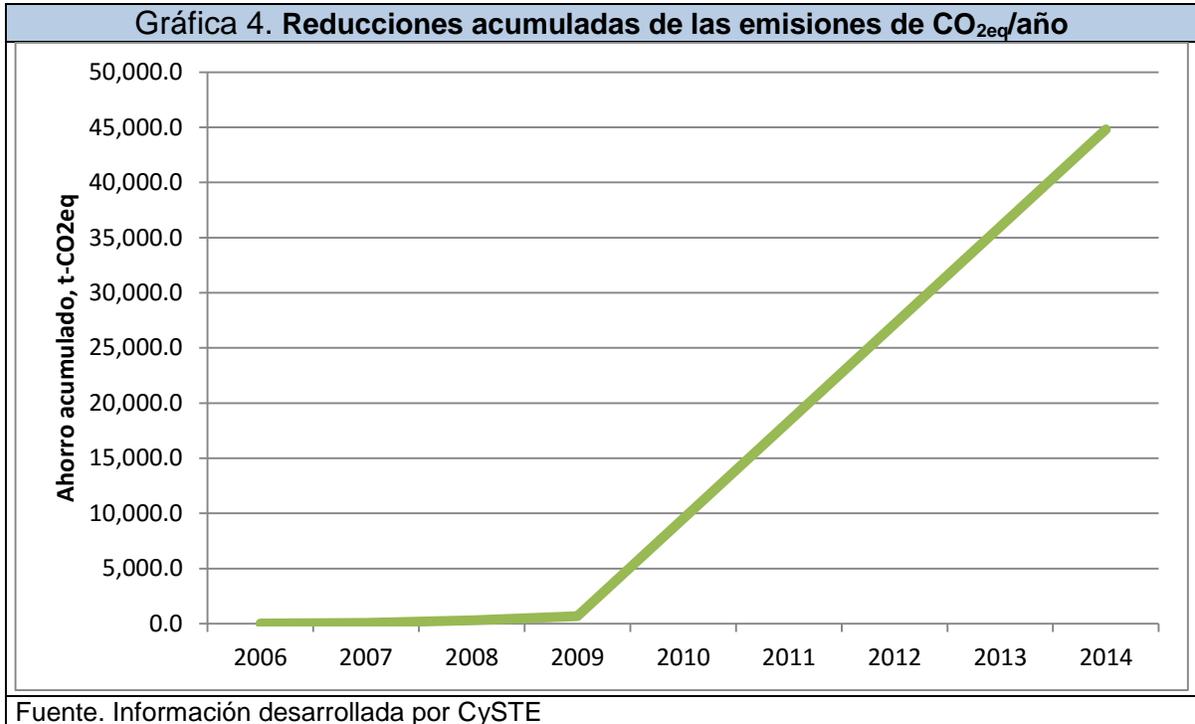
- Un ahorro global de energía del orden de 5,325,758 litros equivalentes de gas LP por año,
- Una reducción global de emisiones del orden de 8,825 tCO<sub>2eq</sub>/año

La estimación del ahorro acumulado de emisiones entre 2006 y hasta 2014 por los sistemas CSA instalados en el DF se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 3. Estimación del ahorro acumulado de emisiones entre 2006 y hasta 2014 por los sistemas CSA instalados en el DF**

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ahorro por año, t-CO <sub>2eq</sub>	6.4	51.1	253	367	8,825	8,825	8,825	8,825	8,825
Ahorro acumulado, t-CO <sub>2eq</sub>	6.4	57.5	311	678	9,503	18,328	27,152	35,977	44,802

La proyección de los ahorros acumulados entre 2006 y hasta 2014 se presenta en la siguiente gráfica, suponiendo que los equipos siguen trabajando y se les ha brindado el mantenimiento correcto, por lo que los ahorros logrados a finales del 2014 se estiman en 44,802 tCO<sub>2eq</sub>.



### 8.3 Evaluación de instalaciones a través de encuestas realizadas a empresas fabricantes e instaladores de CSA

Para contar con información adicional y actualizada que permitiera la evaluación del impacto de la norma solar, se aplicó una encuesta a 56 empresas, fabricantes e instaladores de CSA (15 de ellas afiliadas a la FAMERAC - Anexo 1 y 41 no afiliadas - Anexo 2)<sup>32</sup>.

Solo cinco empresas (tres de ellas, afiliadas a FAMERAC) proporcionaron información de sus proyectos, mencionando que se realizaron en cumplimiento de la NADF-008-AMBT-2005, aunque no se pudo verificar este dato de manera oficial.

El Anexo 4 detalla información sobre el proceso de envío y seguimiento de encuestas e información sobre las respuestas y posibles causas por las cuales no respondieron o no participaron en el estudio.

No obstante la baja participación en el ejercicio de encuestar a las empresas que estaban vinculadas a la norma solar, las que respondieron, aportaron información útil para hacer una primera evaluación del impacto y del grado de aplicación de dicha regulación. Esto permite orientar al GDF sobre los nuevos pasos a seguir en cuanto a identificar las barreras y los mecanismos para su superación, lo que deberá considerarse en el siguiente esfuerzo de revisar tal ordenamiento. A continuación se describen los resultados que arrojaron las encuestas.

#### 8.3.1 Instalaciones realizadas bajo el supuesto del cumplimiento de la NADF

En primera instancia se presenta la información de los proyectos que según los desarrolladores implementaron bajo el cumplimiento de la NADF, cabe hacer la aclaración de que esta información se verificó posteriormente en los archivos de la LAUDF y se encontró que solo 9 establecimientos estaban reportados.

##### 8.3.1.1 Modulo Solar (MS)

Derivado de la aplicación de la norma, esta empresa reportó:

- haber instalado 7 sistemas, con una superficie total de 792 m<sup>2</sup>,
- haber logrado con ello un ahorro en el consumo de GLP de 121,141 litros/año y
- haber cubierto con ello porcentajes del CEA por utilización de agua caliente del 32% al 72%, lo que representó un ahorro promedio del 52% del consumo total.

---

<sup>32</sup> Anexo 1: Empresas afiliadas a FAMERAC (4 en el DF y 11 fuera).

Anexo 2: Empresas no afiliadas a FAMERAC (7 en el DF y 34 fuera).

- un total de 205 t CO<sub>2eq</sub>/año evitadas.

**Ilustración 17. Instalación en empresa industrial – Modulo Solar**



Fuente: Modulo Solar

La Tabla 4 Muestra el desglose de las instalaciones realizadas por la empresa.

**Tabla 4. Instalaciones realizadas en el marco de la NADF – Modulo Solar<sup>33</sup>**

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Temp. Diseño (°C)	Volumen agua caliente (l)	Sup. Instalada (m <sup>2</sup> )	CEA cubierto (%)	Ahorro de GLP (l/año)	Ahorro de energía, MJ/año	t-CO <sub>2e</sub> evitados
1	Productos alimenticios	abr-07	55-60	10,000	150	65	27,000	709,020	46
2	Productos alimenticios	mar-08	55-60	13,000	170	70	30,500	800,930	52
3	Productos alimenticios	mar-08	55-60	3,500	170	70	13,000	341,380	22
4	Productos alimenticios	mar-08	55-60	800	10	65	4,000	105,040	7
5	Tienda Departamental	oct-06	50-55	2,000	32	32	3,840	100,838	6
6	Tienda Departamental	abr-08	50-55	1,500	40	34	4,801	126,062	8
7	Alberca	ago-08	30	180,000	220	72	38,000	997,880	64
	<b>Total</b>			<b>210,800</b>	<b>792</b>		<b>121,141</b>	<b>3,181,150</b>	<b>205</b>

CEA: Consumo Energético Anual por utilización de agua caliente

**Ilustración 18. Instalaciones realizadas por Modulo Solar**

<sup>33</sup>Para el cálculo de la energía se consideró un poder calorífico para el gas LP de 26.26 MJ/l, con base en el balance nacional de energía del 2012. Se consideró un factor de emisión del gas LP de 63.1 tCO<sub>2eq</sub>, con base en el IPCC.



Fuente: Modulo Solar

### 8.3.1.2 Heliocol

La información reportada por esta empresa, derivada de la aplicación de la norma, fue la siguiente:

- 15 establecimientos en el DF, con una superficie instalada de 5,532 m<sup>2</sup>;
- De los sistemas instalados en el DF se logró un ahorro en el consumo de GLP de 663,936 litros/año y
- haber cubierto con ello porcentajes del CEA por utilización de agua caliente del 30% al 70%, lo que representó un ahorro promedio del 54% del consumo total.
- un total de 1,123 t CO<sub>2eq</sub>/año evitadas.

**Ilustración 19. Instalación en industria automotriz – Heliocol**



Fuente: Heliocol

La Tabla 5 muestra el desglose de esos sistemas:

**Tabla 5. Instalaciones realizadas en el marco de la NADF – Heliocol**

No.	Tipo de Establecimiento	Número de colectores	Sup. Instalada (m2)	CEA Cubierto (%)	Ahorro de GLP (l/año)	Ahorro de energía, (MJ/año)	t-CO <sub>2</sub> e evitados
1	Club Deportivo - Coyoacán	160	608.0	30	72,968.0	1,915,984	123
2	Club Deportivo - Lindavista	240	912.0	30	109,452.0	2,873,975	185
3	Club Deportivo – Polanco	69	262.2	30	31,467.0	826,256	53
4	Club Deportivo – Tecnoparque	68	258.4	30	31,011.0	814,283	52
5	Club Deportivo - Universidad	182	691.6	30	83,001.0	2,179,429	140
6	Hotel al Sur de la Ciudad	40	80.0	30	9,601.0	252,102	16
7	Hotel en Tláhuac	26	52.0	70	6,241.0	163,875	11
8	Hotel en Santa Fe	40	80.0	70	9,601.0	252,102	16
9	Embotelladora en Vallejo	40	80.0	70	9,601.0	252,102	16
10	Empresa de Autobuses	40	152.0	70	18,242.0	478,996	31
11	Industria Automotriz - Aeropuerto	10	20.0	70	2,400.0	63,019	4
12	Corporativo – Ramo Óptica	22	44.0	70	5,281.0	138,668	9
13	Hospital en Álvaro Obregón	120	456.0	70	54,726.0	1,436,988	93
14	Hospital en Santa Fe	420	1,596.0	70	191,541.0	5,029,457	324
15	Hospital de Alta Especialidad en Coyoacán	120	240.0	70	28,803.0	756,305	49
<b>Total</b>		<b>1597</b>	<b>5,532.2</b>		<b>663,936</b>	<b>17,433,541</b>	<b>1122</b>

**Ilustración 20. Instalaciones realizadas por Heliocol**



Fuente: Heliocol

#### 8.3.1.3 Empresa Sunway

Esta compañía colocó sistemas foto-térmicos en tres Hoteles de lujo, cubriendo una superficie de 120 m<sup>2</sup> (40 m<sup>2</sup> por hotel), con lo que se logró un ahorro del 50% en el consumo de GLP utilizado en las calderas de apoyo a los requerimientos de agua caliente. El ahorro de energía fue de 14,402 l/año.

La empresa no proporcionó información adicional de las instalaciones implementadas.

**Ilustración 21. Instalaciones realizadas por Sunway**



Fuente: Sunway

#### 8.3.1.4 SEA Ecotecnias

La información reportada por esta empresa fue la siguiente:

- 10 instalaciones en el DF con una superficie de 549 m<sup>2</sup>,
- de los sistemas instalados en el DF se logró un ahorro en el consumo de GLP de 65,917 litros/año y

- haber cubierto con ello porcentajes del CEA por utilización de agua caliente del 45% al 100%, lo que representó un ahorro promedio del 82% del consumo total.
- un ahorro de energía de 65,917 l/año,
- un total de 112 t CO<sub>2eq</sub>/año evitadas

Ilustración 22. Instalaciones realizadas por SEA Ecotecnias



Fuente: SEA Ecotecnias

La Tabla 6 muestra el desglose de las instalaciones realizadas por la empresa.

Tabla 6. Instalaciones realizadas en el marco de la NADF – SEA Ecotecnias

No.	Establecimiento o Empresa	Año en que	Temp.	Volumen de	Sup.	CEA	Ahorro	Ahorro de	t-CO <sub>2e</sub>
1	Institución Bancaria	2008	45	9.2	84	100	10,081	264,706	17
2	Planta Farmacéutica	2009	75	80	304.8	100	36,580	960,513	62
3	Casa Habitación	2013	30	100,000	35.14	100	4,217	110,729	7
4	Limpia - Delegación GAM	2013	40	1.5	9.64	45	1,157	30,380	2
5	Campamento Limpia - Delegación GAM	2013	40	3.5	24.1	45	2,892	75,938	5
6	Campamento Limpia - Delegación GAM	2013	40	2.2	14.46	60	1,735	45,557	3
7	Campamento Limpia - Delegación GAM	2013	40	3.5	24.1	60	2,892	75,938	5
8	Campamento Limpia - Delegación GAM	2013	40	2.2	14.46	50	1,735	45,557	3
9	Campamento Limpia - Delegación GAM	2013	40	3	19.28	45	2,314	60,761	4
10	Campamento Limpia - Delegación GAM	2013	40	3	19.28	60	2,314	60,761	4
	<b>Total</b>			<b>100,108.1</b>	<b>549.26</b>		<b>65,917</b>	<b>1,730,840</b>	<b>112</b>

### 8.3.1.5 Flemming Energía Solar

Instaló un sistema de CSA en el edificio de la Embajada de un país europeo, cubriendo una superficie de 8.8 m<sup>2</sup> (4 colectores), con una temperatura de diseño de 60°C. El ahorro de gas LP es de 1,056 l/año, con una reducción de emisiones de 2 t CO<sub>2eq</sub>/año evitadas.

### 8.3.2 Instalaciones realizadas por diferentes motivos y no para cumplimiento de la NADF y su reducción de emisiones anuales

A partir de la información proporcionada por las empresas instaladoras de sistemas de calentamiento solar, se obtuvo el total de sistemas instalados que no tenían que cumplir con la NADF-008-AMBT-2005, pero que instalaron CSA, las que en total suman 131 y de las cuales se tienen los siguientes resultados globales por instalador:

**Tabla 7. Instalaciones realizadas sin tener que cumplir con la NADF**

Instalador	No. Instalaciones	Sup. Instalada de colectores (m2)	CEA promedio (%)	Ahorro de GLP (l/año)	Ahorro de energía, MJ/año	t-CO <sub>2e</sub> evitados
MS	10	ND	ND	201,939	5,302,906	341
Heliocol	93	ND	ND	4,517,771	118,635,960	7,641
Ecotecnias	20	549	66.5	65,917	1,730,840	112
Sunway	6	120	ND	14,402	378,185	24
Flemming	2	8.8	ND	1,056	27,734	2
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>677.80</b>		<b>4,801,085</b>	<b>126,075,625</b>	<b>8,120</b>

### 8.3.3 Instalaciones reportadas en la LAUDF que cumplen con la NADF-008-AMBT-2005 y su reducción de emisiones anuales

A partir de la información proporcionada por las empresas solares sobre los proyectos realizados con base en las disposiciones de la NADF-008-AMBT-2005, se verificó esta información en los archivos de la LAUDF y solo se identificaron 9 establecimientos a partir de las cuales se tienen resultados mostrados en la tabla 9. Cabe hacer mención que si bien dichas instalaciones fueron reportadas a la LAUDF, la información oficial es limitada y a partir de ella no se puede concluir con datos exactos.

**Tabla 8. Instalaciones realizadas en el marco de la NADF, reportadas a la LAUDF**

Instalador	No. Establecimientos	Sup. Instalada de colectores (m2)	CEA promedio (%)	Ahorro de GLP (l/año)	Ahorro de energía, MJ/año	t-CO <sub>2</sub> e evitados
MS	4*	532	50.3	78,340	2,057,208	133
Heliocol	5	2,732	30.0	327,899	8,609,927	553
	<b>9</b>	<b>3,264</b>	<b>40.6</b>	<b>406,239</b>	<b>10,667,135</b>	<b>686</b>

\*3 instalaciones se realizaron en un mismo establecimiento, por lo que en total son 4 establecimientos.

### 8.3.4 Instalaciones reportadas por los instaladores en el DF

Con base en las entrevistas realizadas se pudo determinar los establecimientos que implementaron CSA, tanto para el cumplimiento de la NADF y que fueron reportadas a la LAUDF, como los establecimientos que implementaron estos sistemas por razones diversas.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las instalaciones reportadas por los instaladores.

**Tabla 9. Instalaciones realizadas en el DF**

Instalador	No. Establecimientos reportados en la LAUDF que cumplen con la NADF	No. Establecimientos que implementaron CSA sin tener que cumplir con la NADF	No. Establecimientos que implementaron CSA en el DF
MS	4	10	14
Heliocol	5	93	98
Sunway	0	6	6
SEA Ecotecnias	0	20	20
Flemming	0	2	2
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>131</b>	<b>140</b>

## 8.4 Análisis de bases de datos de la Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal (LAUDF)

### 8.4.1 Antecedentes de casos de empresas que instalaron CSA como parte de sus políticas

La información que se presenta a continuación fue proporcionada por la Dirección del Programa de Cambio Climático y Proyectos MDL de la SEDEMA, y se relaciona a casos de empresas que instalaron CSA en el marco de la Norma Ambiental del Distrito Federal y como parte de sus políticas internas.

#### 8.4.1.1 Hoteles NH

En cumplimiento a la NADF-008-AMBT-2005, esta cadena hotelera anunció en 2008 la instalación de CSA. Iniciaría con un proyecto piloto que le permitiría ahorrar casi el 80% del combustible empleado en ese servicio. Se instalaron 66 calentadores solares con una superficie total de 132.66 m<sup>2</sup>.<sup>34</sup>

#### 8.4.1.2 Grupo Wal-Mart de México

Esta cadena comercial en el marco de su Programa de Mantenimiento de Unidades, desde 2008 decidió aplicar la norma ambiental de CSA en todos los establecimientos del grupo (Wal-Mart, Bodega Aurrera, Superama, Suburbia, VIPs, SAM's y Portón) en el DF y en el Valle de México.

### 8.4.2 Análisis de las bases de datos de la Dirección de Regulación Ambiental de la SEDEMA

En el mes de abril de 2014 se realizó, en oficinas de la Dirección de Regulación Ambiental de la SEDEMA, la revisión de la base de datos y expedientes ingresados por establecimientos del Distrito Federal para cumplir con el trámite de la Licencia Ambiental Única (LAUDF), obligación prevista en la legislación ambiental local y cuyo beneficio es el otorgamiento o actualización de la licencia ambiental.

Con el objetivo inicial de identificar y obtener la información necesaria sobre los establecimientos, primero que debían cumplir con la NADF e instalaron CSA y después, los que no estaban sujetos a cumplimiento pero instalaron CSA, y en segundo término, calcular la reducción de emisiones evitadas asociadas a dichas instalaciones, se realizó el análisis de la información existente en la Dirección de

---

<sup>34</sup>Información testimonial y documental proporcionada por la SEDEMA a través de su Dirección de Cambio Climático y Proyectos MDL.

<http://www.icyt.df.gob.mx/documents/memorias/incytam/pdf/cambioclimatico/vazquez.pdf>

Regulación Ambiental, contenida en sus bases de datos, como se menciona en la sección de Metodología del presente estudio.

Un objetivo secundario fue determinar los establecimientos que estaban sujetos a la NADF y no instalaron CSA para conocer, en la medida de lo posible, las justificaciones expresadas así como los que no estaban sujetos a la norma e instalaron CSA, para evaluar igualmente los beneficios alcanzados y que se asocian a la existencia la norma aunque no como un instrumento de carácter obligatorio en estos casos.

La Dirección de Regulación Ambiental contaba con una base de datos, la “Base de datos información general” que contenía 32,463 registros de trámites de solicitud y actualización de la LAU-DF para el periodo 2005-2013. De ésta se extrajo y se nos permitió el acceso a dos archivos denominados: “Base de datos, Anexo A. Maquinaria” y “Base de datos, Anexo A. Maquinaria Solar”, las que contenían, respectivamente, información general de la maquinaria existente en los establecimientos y de los CSA instalados.

Como se mencionó en la sección de metodología, aunque el análisis de las BD del Anexo A hubiera sido suficiente para obtener la información objeto de este estudio puesto que dicho anexo es el que de la LAUDF, en teoría, proporciona información necesaria para determinar si un establecimiento está o no sujeto al cumplimiento de la LAUDF, en el proceso de análisis, se observaron diversos errores que obligaron a realizar también un análisis de la BD información general para tener la certeza de que no se dejaría algún establecimiento fuera de la evaluación.

El procedimiento de análisis para cada BD se describe a continuación:

#### **a) BD Información General**

Esta base de datos contenía 32,463 registros de trámites de solicitud y actualización de la LAU-DF para el periodo 2005- 2013.

Antes de realizar la primera depuración aplicando criterios de la NADF, se realizó una depuración para obtener el número de establecimientos que contenía la base y que correspondían al número de registros citados en el párrafo anterior. Esto se realizó en función de la razón social del establecimiento. La base de datos de acuerdo a este criterio contenía 12,647 establecimientos, sin embargo, se observaron registros que por errores de captura o inserción de texto adicional (paréntesis, guiones entre otros) hacían referencia a un mismo establecimiento, lo cual provocaba su duplicidad, por lo que el número de establecimientos no era el definitivo. No se realizó una depuración de la base de datos para determinar el número correcto de establecimientos en ese

momento debido a que posteriormente se aplicarían los criterios de la NADF y la BD se reduciría haciéndola más manejable, sin embargo es importante señalar que se encontró esta problemática al trabajar dicha BD.

**Primer criterio de la NADF: fecha de inicio de operaciones.** Se extrajeron de la BD, los establecimientos que iniciaron operaciones un día después de la publicación de la norma ambiental, NADF-008-AMBT-2005, es decir, a partir del 8 de abril del 2006, fecha en la que entró en vigor. Se obtuvieron 3,064 establecimientos.

Cabe señalar que aunque la NADF establece que están sujetos a su cumplimiento tanto establecimientos que inicien operaciones después de su entrada en vigor, como aquellos que remodelen de manera total sus instalaciones y tengan ciertos usos de agua caliente, únicamente se aplicó el primer criterio (fecha de inicio de operaciones) debido a que no existe en la LAUDF, ningún requerimiento claro para saber con certeza si la instalación remodeló de manera total sus instalaciones, por lo que se descartó este criterio.

**Segundo criterio de depuración de la BD:** Se extrajeron del listado anterior los establecimientos cuyo número de empleados fuera mayor a 50 personas (administrativos + operativos). Se obtuvieron 642 establecimientos.

En este momento, era mucho más factible realizar la eliminación de los registros que correspondían a un mismo establecimiento por lo que después de realizar esta depuración, se obtuvieron 494 establecimientos.

El siguiente paso lógico era seleccionar de este listado depurado los establecimientos que hubieran reportado el Anexo A. Maquinaria Solar y posteriormente, filtrar aquellos que hubieran proporcionado los equipos relacionados con la generación de agua caliente. Con esto se hubieran obtenido los establecimientos que estaban sujetos al cumplimiento de la NADF sin embargo esto no fue posible debido a que la BD General no proporcionaba información al respecto, es decir no existen en ella los campos de maquinaria o equipo (anexo A).

Por último se trató de identificar a las empresas ya filtradas de la BD General, en la base de datos del Anexo A. Maquinaria Solar, lo cual no fue posible al 100%, existiendo varias empresas que no se encontraban en dicha base de datos, esto, debido fundamentalmente a los errores en la captura de la información. Ante esta situación y al no poder avanzar más con la BD de información general, se decidió trabajar con la base de datos del Anexo A: Maquinaria.

**b) BD – Anexo A. Maquinaria.**

Esta base de datos es complementaria a la BD información general y corresponde a las empresas que reportaron el Anexo A de la licencia ambiental. La base constaba de 22,211 registros correspondientes a 8,758 establecimientos que reportaban tener en sus instalaciones diferentes tipos de maquinaria para la realización de sus actividades, como son: hornos, plantas de emergencia, calderas, calentadores solares, estufas, parrillas, entre otros. Al igual que en la BD anterior, se observaron registros con los datos de establecimientos repetidos pero por la misma razón que en la depuración de la otra BD, se decidió que esta “limpieza final” se realizaría después de aplicar los criterios de depuración relacionados con la NADF.

La depuración de esta BD se realizó siguiendo los mismos criterios empleados para la BD de Información General, agregando dos últimos criterios de filtrado relacionados con equipos de generación de agua caliente y con la actividad del establecimiento ya que éstos proporcionan información para determinar si los establecimientos estaban o no sujetos al cumplimiento de la NADF.

**Tercer criterio de depuración: equipos relacionados para la generación de agua caliente.** Después de aplicar los criterios de fecha de inicio de operaciones y número de empleados, se seleccionaron los registros de establecimientos que reportaban contar con calderas, calentadores, generadores de vapor y calentadores solares, equipo relacionado con el agua caliente, quedando 93 establecimientos.

**Cuarto criterio de depuración: giro/actividad del establecimiento, agua caliente para usos de cocina y sanitarios, excluyendo instalaciones industriales.** Se seleccionaron del filtrado anterior, los establecimientos que cuentan con equipos relacionados con la generación de agua caliente, considerando aquellos que la consumen para usos sanitarios y de cocina, y eliminando los establecimientos de tipo industrial, en los que se pueden tener aplicaciones de agua caliente para procesos (aplicaciones no consideradas en la NADF). Esta selección proporcionaría finalmente el listado de establecimientos que estaban sujetos al cumplimiento de la norma.

La aplicación del criterio anterior se realizó además, deduciendo las actividades que requieren agua caliente para usos sanitarios y de cocina, como son los restaurantes, hoteles, centros deportivos, escuelas con albercas y que en consecuencia estaban obligados a instalar CSA, quedando 72 establecimientos; se eliminaron los establecimientos industriales en los que si bien se cuenta con equipos para la generación de agua caliente, no se tiene la certeza de que ésta sea para usos sanitarios y/o de cocina, ya que existe la posibilidad de que sea para procesos industriales.

Bajo la aplicación de los criterios anteriores, el universo de instalaciones que debieron cumplir con la NADF tenía que haber sido de 72 establecimientos y en consecuencia lógica se esperaba que estos establecimientos hubieran reportado el Anexo A Maquinaria Solar y estuvieran contenidos en la tercera BD, la cual contenía en detalle la información de los sistemas instalados de CSA, así como la información del consumo de energía y su aportación energética, lo que permitiría determinar el impacto por la instalación de estos sistemas.

### **c) BD – Anexo A Maquinaria Solar.**

Esta base de datos es una extracto de la BD Maquinaria que proporcionó el área de Regulación Ambiental y corresponde a las empresas que reportaron haber instalado CSA les aplicase o no la NADF, asimismo también presentaba los registros de aquellos establecimientos que habían sido apercibidos en el marco de la norma.

La base de datos inicialmente contaba con 184 registros, correspondientes a 62 establecimientos.

Aplicando los criterios de filtrado de la NADF, por fecha de inicio de operaciones y número de empleados, se obtuvo que el número de establecimientos que estaba sujeto al cumplimiento de la norma era de 29 establecimientos.

Comparando la información de los establecimientos resultantes de las BD Anexo A: Maquinaria (72 establecimientos) y Maquinaria Solar (29 establecimientos), se determinó que solo 19 establecimientos estaban contenidos en ambas bases de datos.

Como resultado del análisis de las bases de datos se generaron las siguientes conclusiones:

Ante la incompatibilidad observada entre las bases de datos se piensa que las tres bases de datos analizadas, aunque se nos indicó que que son parte de una misma fuente de información, son en cierta forma independientes.

Los establecimientos que debían cumplir con la NADF deberían ser en principio los 72 resultantes del análisis/filtrado de la BD Anexo A, más los 10 establecimientos que estaban en el Anexo A Maquinaria Solar y que no tenían su “equivalente” en la BD Anexo A y que sí instalaron CSA, es decir un total de 82 establecimientos.

#### **8.4.3 Expedientes de la LAUDF revisados**

Con base en los resultados del análisis de las bases de datos se concluyó que se deberían de analizar los expedientes correspondientes a los establecimientos de dos BD, en primera instancia los 72 del Anexo A Maquinaria, más los 10 establecimientos

adicionales indicados en párrafos anteriores, es decir un total de 82 establecimientos ya que estos eran los que tenían que cumplir con la NADF. Desafortunadamente no se tuvo acceso a dichos expedientes por lo que no se pudo hacer un análisis detallado de dichos establecimientos en cuanto a si efectivamente implementaron o no CSA. En su lugar, se revisaron 56 de los 62 expedientes de los establecimientos que conforman la BD del Anexo A: Maquinaria Solar. Los expedientes de los seis establecimientos faltantes, no fueron proporcionados al equipo consultor, debido a que estaban en manos del revisor o que el expediente no correspondía con la razón social del establecimiento al existir un error en el Número del Registro Ambiental.

A continuación se presenta el análisis de la información de dichos expedientes, destacando la información contenida en estos y que tiene que ver e separando los establecimientos que estaban obligados a cumplir con la NADF.

#### **8.4.4 Llenado de la sección A.5 del Anexo A de la LAUDF**

Un elemento indispensable para la evaluación y estimación de los beneficios asociados a la instalación de CSA, era el llenado de la sección A.5 del Anexo A de la LAUDF, que requiere la información sobre calentadores solares y que de ser llenado correctamente nos proveería de información referente al nombre del instalador del sistema, el modelo del CSA, los datos del consumo energético anual para el sistema tradicional y solar, además de la masa equivalente de combustible ahorrado, entre otros.

Los establecimientos que llevaron a cabo la instalación de sistemas solares tuvieron problemas para llenar la tabla de la sección A.5 del Anexo A. Solo algunos la llenaron correctamente. Una de las razones expuestas por parte de aquellos que no presentaban el formato completo o correcto, fue que no se tenía la posibilidad de conseguir los datos para el llenado del mismo o bien la persona que lo llenaba no tenía los conocimientos técnicos necesarios y reportaba datos incoherentes.

En algunos casos, los establecimientos reportaron que no les aplicaba llenar la sección A.5 sin embargo existía información que indicaba que estaban obligados a cumplir con la norma solar NADF-008-AMBT-2005. Tal situación no pasó desapercibida por la SEDEMA y no les otorgó la licencia ambiental hasta que no presentaran la documentación adicional que describiera el proyecto básico y la memoria de cálculo del sistema de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar.

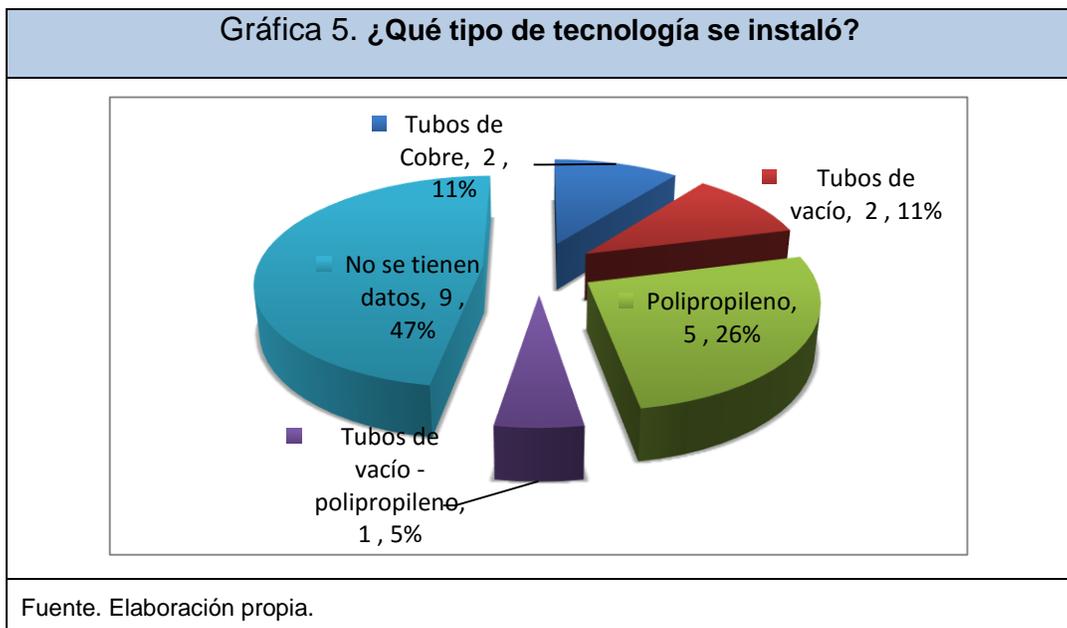
8.4.4.1 Establecimientos que reportaron información sobre CSA y que tenían que cumplir con la NADF

A partir de los expedientes de dichos establecimientos, se pudo identificar a los que debían cumplir con la NADF, es decir 29 establecimientos. De estos:

- 19 establecimientos instalaron CSA y llenaron la sección A.5: Calentadores Solares del Anexo A “Emisiones a la Atmósfera” de la LAU-DF” (correspondiente a los sistemas de CSA instalados).
- 8 establecimientos no instalaron.
- 2 establecimientos, no contaban con la información técnica necesaria que permitiera saber si instalaron CSA o no.

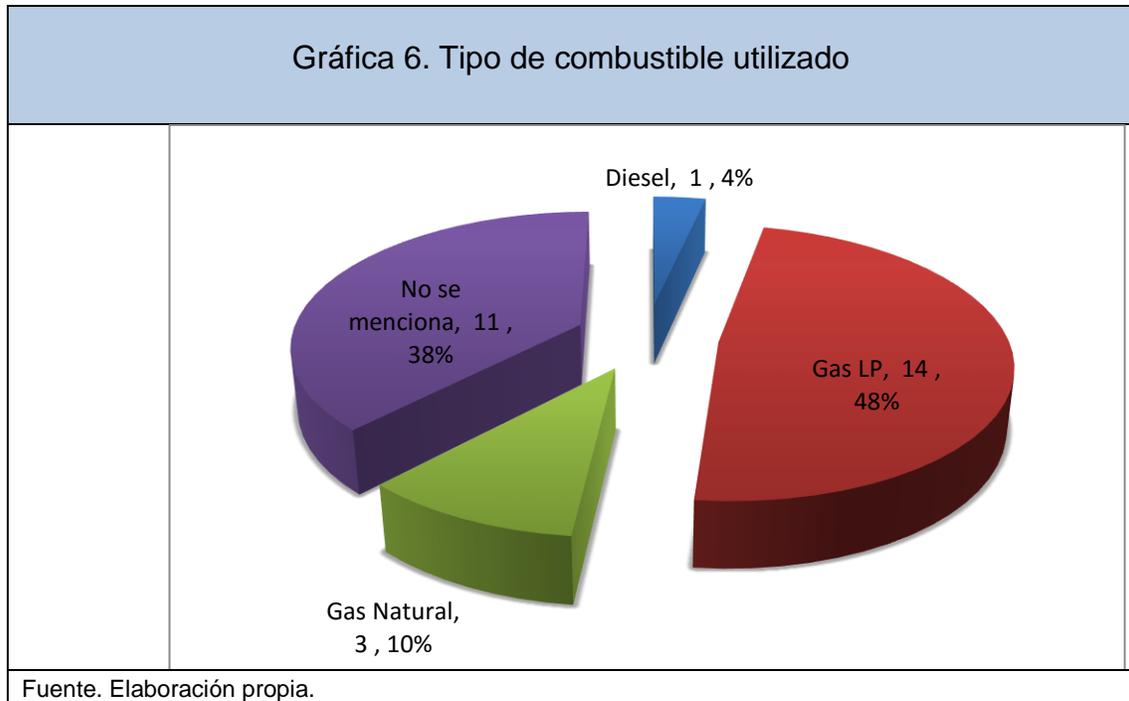
**8.4.3.1.1 Tipo de tecnología instalada**

La tecnología mayormente instalada fue la de tubos de polipropileno con 5 instalaciones (26%), seguido por los colectores de tubos de cobre y tubos de vacío cada uno con 2 instalaciones (11% c/u) y la combinación de colectores de tubos de vacío-polipropileno con 1 (5%). Las instalaciones que no proporcionaron información sobre el tipo de tecnología fueron 9



#### 8.4.3.1.2 Tipo de combustible utilizado

El combustible que mayormente se consume en los establecimientos cuya información fue analizada, es el Gas LP en 14 establecimientos, 48% del total; en segundo lugar se tiene al Gas Natural en 3 establecimientos (10%); el diesel con un establecimiento (4%) y en 11 establecimientos (38%) no se tienen datos.



#### 8.4.3.1.3 Motivos por los que no se realizó la instalación del sistema foto-térmico

De los 8 establecimientos que no cumplieron con la aplicación de la norma, al revisar la información e identificar cuáles fueron las razones o motivos por las que no cumplieron, se pudieron identificar los siguientes:

- Uno, falta de espacio disponible,
- Otro indicó contrato en comodato sin acceso a la azotea,
- Otro, indicó proyección de sombras,
- Otro, se comprometió a realizar la instalación, y no presentó documentos de sustento.
- Cuatro no expusieron motivos.

Los establecimientos usaron diferentes argumentos para evitar cumplir con las disposiciones de la NADF, como es el modificar el año de inicio de operaciones,

justificación de imposibilidades, modificación del número de empleados y otras argumentaciones jurídicas.

#### 8.4.3.1.4 Evaluación de los ahorros por la implementación de CSA – cumplimiento de la NADF

Solo en 7 de los 19 establecimientos se pudieron estimar los ahorros asociados a la aplicación de la norma del DF, representando el 37% de los establecimientos que instalaron CSA, en los otros 12 casos no pudo realizarse por falta de información. Cabe hacer mención que la estimación de los ahorros se realizó con base en los lineamientos descritos en el Anexo 5.

**Tabla 4. Ahorros evaluados en establecimientos que instalaron CSA  
-Cumplimiento de la norma-**

No	Establecimiento	Inicio de operación	Superficie instalada (m2)	Ahorro GLP (l/año)	t-CO2eq / año
1	Tienda Departamental	2,010	44	5,281	8.6
2	Club Deportivo – Parques Polanco	2,010	262	31,467	51.2
3	Club Deportivo – Tecnoparque	2,010	258	31,011	50.4
4	Club Deportivo - Lomas Chapultepec	2,010	304	36,484	59.4
5	Escuela en Álvaro Obregón	2,009	264	31,980	51.6
6	Restaurante en Benito Juárez	2,013	100	17,767	19.5
7	Hospital en Tlalpan	2,011	198	27,837	38.7
<b>Total</b>			<b>1,430</b>	<b>181,827</b>	<b>279.2</b>

#### 8.4.4.2 Establecimientos que reportaron información sobre CSA y que no tenían que cumplir con la NADF

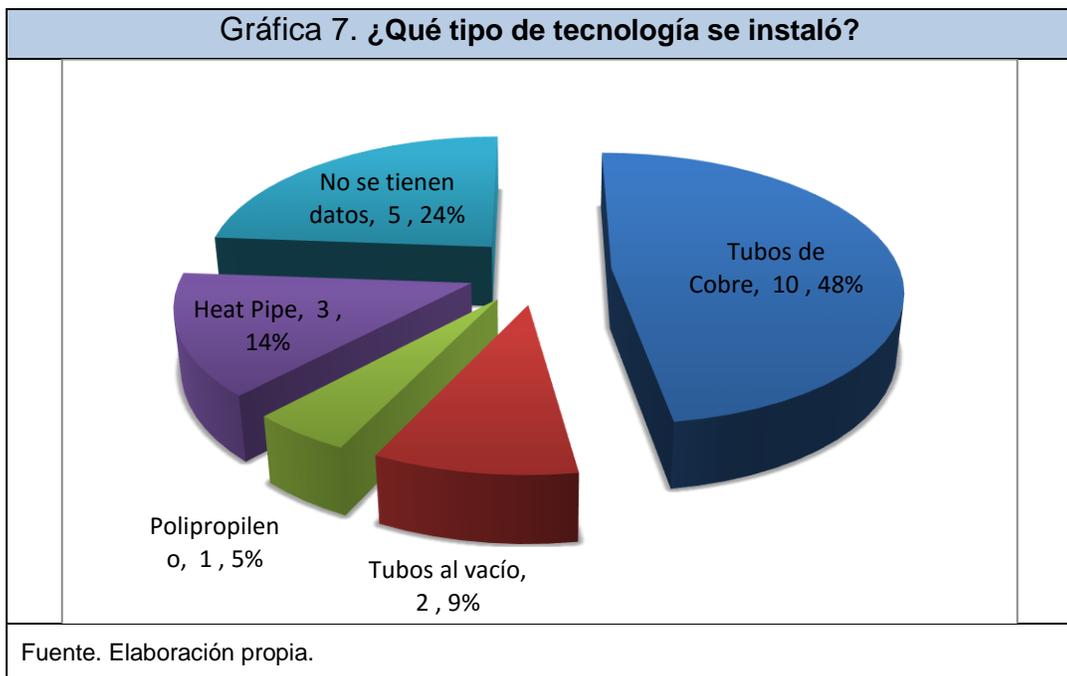
27 establecimientos contenidos en la BD Anexo A Maquinaria Solar, no tenían que cumplir con la norma, ya sea porque iniciaron operaciones antes de que entrara en vigor o porque declaraban tener menos de 50 empleados. De estos:

- 21 establecimientos instalaron CSA, por economía y ahorro de energía,

- 5 no instalaron. Uno de ellos fue apercibido pero demostró jurídicamente que no le aplicaba la norma y para los cuatro restantes no es claro por qué se encontraban en la BD del Anexo A: Maquinaria Solar.
- 1 no cuenta con la información necesaria para que permita saber si instaló CSA o no.

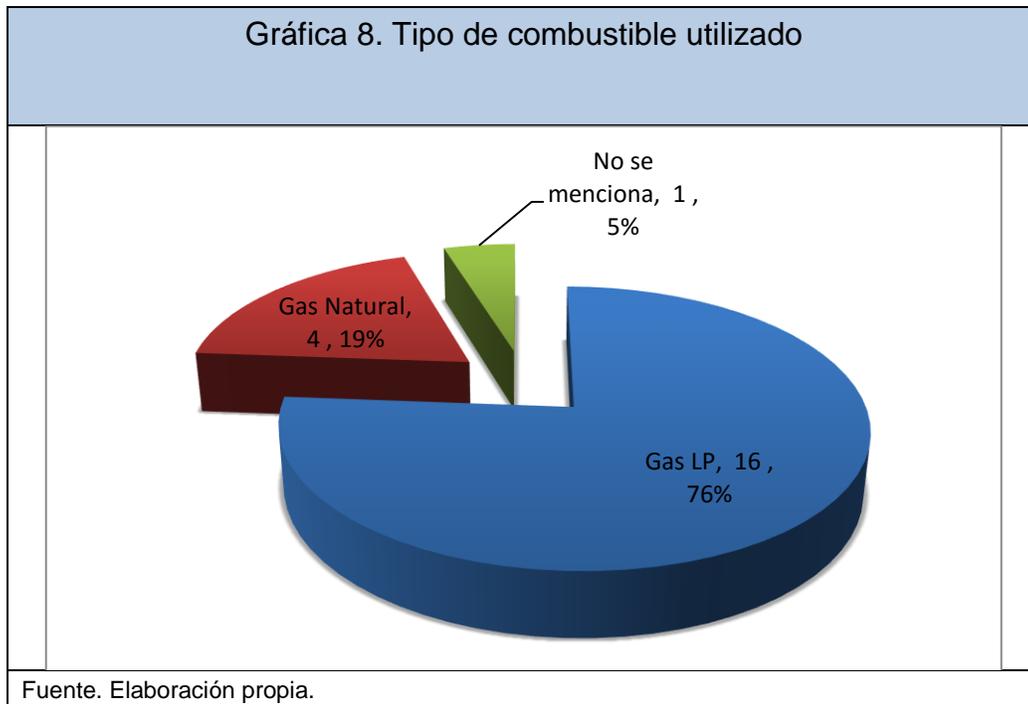
**8.4.3.2.1 Tipo de tecnología instalada**

En el caso de estos establecimientos la tecnología mayormente instalada fue la de tubos de cobre con 10 instalaciones (48%), seguido por los heat pipe con 3 instalaciones (14%), los de tubos al vacío con 2 instalaciones (9%) y los colectores de polipropileno con una instalación (5%). Las instalaciones que no proporcionaron información sobre la tecnología instalada, fueron 5 (24%).



**8.4.3.2.2 Tipo de combustible utilizado**

El combustible que mayormente se consume en los establecimientos, es el Gas LP en 16 establecimientos, que contribuye con el 76%, en segundo lugar se tiene al Gas Natural en 4 establecimientos (19%) y en un establecimiento (5%) no se tienen datos del tipo de combustible utilizado.



#### 8.4.3.2.3 Motivos por los que no se realizó la instalación del sistema foto-térmico

De los 6 establecimientos que no instalaron sistemas fototérmicos, al revisar la información e identificar cuáles fueron las razones o motivos por las que no implementaron, si bien no tenían obligación, se pudieron identificar los siguientes:

- Cinco, indicaron que no estaban obligados,
- Otro no justificó las razones por las que no implementó.

#### 8.4.3.2.4 Evaluación de los ahorros por la instalación de CSA – sin estar sujetos al cumplimiento de la NADF

Solo en 4 de los 21 establecimientos se pudieron estimar los ahorros asociados a la aplicación de la norma del DF, representando el 19% de los establecimientos que instalaron CSA, en los otros 17 casos no puede realizarse por falta de información. Cabe hacer mención que la estimación de los ahorros se realizó con base en los lineamientos descritos en el Anexo 5.

**Tabla 5. Ahorros evaluados en establecimientos que instalaron CSA  
-sin tener que cumplir con la norma-**

Establecimiento	CEA Solar (kJ/año)	CEA Tradicional (kJ/año)	Combustible Ahorrado (m <sup>3</sup> /año)	CEA Solar (%)	CEA Tradicional (%)	Disminución de emisiones (ton CO <sub>2</sub> eq)
Embotelladora en Vallejo	498,678,852	350,668,191	19.0	58.71%	41.29%	31.5
Hotel-Motel en Iztapalapa	179,524,387	270,014,507	6.66	39.94%	60.06%	11.3
Escuela en Benito Juárez	955,601,388	427,772,813	35.46	69.08%	30.92%	60.3
Hotel en Álvaro Obregón	227,673,080	400,727,276	8.45	36.23%	63.77%	14.4
<b>Total</b>	<b>1,861,477,707</b>	<b>1,449,182,787</b>	<b>69.6</b>			<b>117.5</b>
<b>Promedio</b>				<b>50.99%</b>	<b>49.01%</b>	

#### 8.4.5 Evaluación total de los resultados de la instalación de CSA

Del total de instalaciones reportadas a la LAUDF, solo se pudo evaluar la reducción en emisiones de 11 instalaciones, representando un impacto de disminución en 396.7 ton de CO<sub>2</sub>eq/año.

**Tabla 6. Ahorros evaluados en establecimientos que instalaron CSA  
-sin tener que cumplir con la norma-**

Con cumplimiento de la norma	No. Establecimiento	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / año
Con	7	181,827	279.2
Sin	4	69,560	117.5
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>251,387</b>	<b>396.7</b>

#### 8.4.6 Distribución por giro de establecimientos que instalaron CSA

A partir de la información de los 29 establecimientos que tenían que cumplir con la instalación de los CSA (lo hayan hecho o no), más los 27 establecimientos que instalaron CSA, sin estar obligados a cumplir con la NADF, se puede presentar una distribución por giro, la cual se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 7. Distribución por giro de los establecimientos que tenían que cumplir con la norma, más los que instalaron CSA, sin que tuvieran que cumplir con la misma**

	Le aplica la Norma			No le aplica la norma			Total
	Si instaló	No instaló	No se sabe su situación	Si instaló	No instaló	No se sabe su situación	
Centro Deportivo	10	2					12
Comercios y Servicios	2	1		2			5
Hospital	2		1	1	1		5
Hotel	1	2	1	10	1	1	16
Industria				8	2		10
Restaurante	3	3			1		7
Tienda departamental/autoservicio	1						1
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>56</b>

## 9 Conclusiones

Se ha visto que con la información existente y disponible actualmente, sobre el cumplimiento de la NADF-008-AMBT-2005, no es posible realizar una evaluación confiable de su aplicación, sin embargo, ha sido factible ubicar las principales barreras que ha enfrentado el desarrollo del mercado de CSA, no sólo en el DF sino igualmente en el país. Esto es un importante avance, dado que aporta elementos para definir la hoja de ruta a seguir, a fin de fortalecer esta regulación, al igual que concatenar los mecanismos para asegurar su observancia.

Es relevante puntualizar que la norma en su primera etapa de implantación fue dirigida a compañías medianas y grandes, con el fin incentivar el mercado solar en empresas con capacidad de pagar este tipo de instalaciones, aun cuando su costo se ha reducido hasta en un 60% a la fecha. Por lo anterior, se esperaba que en sus primeros cinco años de aplicación el número de sistemas en operación fuera bajo, por lo que los resultados obtenidos no son extraños, aunque tampoco se esperaba que fueran tan limitados.

Actualmente se sabe que dicha norma ha servido de base a gobiernos nacionales y extranjeros, lo que habla de la preeminencia de esta iniciativa de aprovechamiento de las ER, noción que se ha incluido en otras regulaciones (como la Ley de promoción de las ER) y en diversos programas que tienen el mismo objetivo (como por ejemplo el de Hipotecas Verdes).

Estando el gobierno del DF así como el federal comprometidos en el combate contra el cambio climático, la oportunidad que presenta para el país la instalación masiva de CSA, en términos de ahorro de energía y con ello de reducción de GEI, es más que destacable. Es una vía con una relación beneficio/costo muy elevada, no sólo en cuanto a lo antes señalado, sino igualmente en lo relativo al fomento tecnológico e industrial autóctono, además de fortalecer en la ciudadanía una mayor toma de conciencia sobre tener un consumo racional de recursos, con técnicas innovadoras y cada vez a costos más accesibles para un número más grande de usuarios potenciales.

Aun cuando una de las barreras para un avance significativo de la aplicación de la norma solar es la falta de recursos humanos y financieros, tanto del lado de las autoridades como de los ejecutores y usuarios, es un hecho también que, a nivel nacional e internacional, es posible establecer acuerdos de cooperación

interinstitucional que permita acelerar el desarrollo de políticas públicas dirigidas a una mayor explotación de las ER, haciéndolas obligatorias en un lapso corto.

El fuerte crecimiento del mercado solar en México, principalmente en el sector vivienda, hace necesaria una revisión de la NADF-008-AMBT-2005, a fin de ampliar su ámbito de aplicación a este sector, por lo que es recomendable que entre los siguientes pasos a seguir por el GDF se contemplen las modificaciones que involucren la esfera residencial.

Las rutas a seguir no son necesariamente secuenciales, sino que puede actuarse en forma simultánea en diversos frentes. La revisión de las normas vigentes -como la solar y la de competencia laboral, entre otras-, puede ir en paralelo a la actualización de los manuales de capacitación y a la definición de los criterios de certificación de los instaladores de CSA y de quienes les dan mantenimiento, con una campaña de difusión que atraiga progresivamente a diversos profesionales de áreas afines, a adherirse a este campo.

Igualmente es factible avanzar en la estandarización de dichos sistemas y en los laboratorios de pruebas, con objeto de garantizar una calidad manufacturera y con ello una eficiencia operativa mínimas, que al hacerla del conocimiento de los usuarios potenciales, su selección se facilite, con elementos más allá de sólo los precios de venta.

Asimismo, se puede trabajar en la simplificación de los trámites relacionados con el cumplimiento de las regulaciones ambientales, laborales y otras, donde la informática tiene mucho que aportar. En este sentido, los formatos actualmente utilizados y de los cuales hasta ahora no ha sido posible obtener datos relacionados con el aprovechamiento de la radiación solar, pueden transitar, como en otros casos, al espacio virtual, facilitando así su modificación (periódica si tal fuera necesaria) y con ello la captura y procesamiento de la información, la que puede tener aplicaciones más allá de relativas a las ER.

Así que hay varias áreas de oportunidad a atender en el plazo inmediato, a partir de las cuales se puede determinar el ritmo con el que deberán ejecutarse las de mayor complejidad, entre las que se encuentra la oferta y el acceso al financiamiento de CSA, en utilidades cada vez más diversificadas.

El creciente interés del gobierno del DF, así como del federal y el de los estados en aprovechar las ER, da un espacio para expandir convenios de colaboración como el que sustentó el presente estudio.

En este sentido se está en condiciones y se cuenta con las capacidades profesionales para estructurar la hoja de ruta que permita consolidar tales acuerdos de cooperación, tanto con entidades nacionales como internacionales y en diversos campos: desarrollo de políticas públicas, fortalecimiento de las capacidades técnicas, elaboración de manuales y panfletos de difusión, configurar sistemas informáticos para la captura y procesamiento de información, entre otras. Igualmente, se puede ejecutar una serie de proyectos, desde el desarrollo de un sistema informático para la sistematización de la información, pasando por la capacitación de diversos actores (autoridades, oferentes de equipos y servicios y usuarios), hasta el diagnóstico y seguimiento de los progresos de aplicación de la norma.

Por otra parte es necesario buscar la manera de corregir tanto la captura de información en las bases de datos de la Dirección de Regulación Ambiental, como la información que se solicita en los formatos de la LAUDF para determinar a los sujetos regulados por la NADF.

Entre los errores más comunes que se detectaron en las BD, están:

- Errores de dedo a la hora de la captura de la información.
- Falta de espaciado en el texto donde se hace referencia al nombre del establecimiento, dirección.
- Celdas vacías, cuyo llenado podría realizar con información del año inmediato anterior.
- Direcciones de los establecimientos incompletas o

Recomendaciones:

- Realizar una depuración más a detalle de establecimientos, considerando como parámetros para realizar la filtración de datos el nombre del establecimiento y su dirección.
- Automatizar la(s) base(s) de datos de la Dirección de Regulación Ambiental, dejando de usar las de formato Excel, ya que presenta errores de captura lo cual complica el manejo de la información.

PROGRAMA PARA EL DESARROLLO  
BAJO EN EMISIONES DE MÉXICO (MLED)  
ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LOS  
CALENTADORES SOLARES PARA AGUA Y DEL IMPACTO  
DE LA NORMA NADF-008-AMBT-2005

- Solicitar información en el formato de la LAUDF que aclare si el establecimiento debe cumplir con la norma como los usos de agua caliente, diferenciando los de proceso industrial, fecha de inicio de operaciones y la fecha exacta de la instalación de CSA para determinar los ahorros de combustible.

## ANEXOS

### Anexo 1. Evaluación de los Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2014 por la implementación de CSA en el DF a nivel comercios, servicios e industrial

Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013															
No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)									
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
1	Hotel en el Centro Histórico	2008	132.66	15,921	26.4			26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	184.7
2	Empresa - Productos alimenticios	abr-07	150	27,000	44.7		44.7	44.7	44.7	44.7	44.7	44.7	44.7	44.7	357.9
3	Empresa - Productos alimenticios	mar-08	170	30,500	50.5			50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	353.8
4	Empresa - Productos alimenticios	mar-08	170	13,000	21.5			21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	150.8
5	Empresa - Productos alimenticios	mar-08	10	4,000	6.6			6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	46.4
6	Tienda Departamental	oct-06	32	3,840	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	57.3
7	Corporativo Tienda Departamental	abr-08	40	4,801	8.0			8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	55.7
8	Alberca	ago-08	220	38,000	63.0			63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	440.8
9	Tienda Departamental - Restaurante	2010	32	3,840	6.4					6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	31.8
10	Tienda Departamental	2010	44	5,281	8.8					8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	43.8
11	Club Deportivo en	2010	494	59,287	98.2					98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	491.2

Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)									
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
	Coyoacán														
12	Club Deportivo en Coapa	2010	266	31,924	52.9					52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	264.5
13	Empresa - Productos alimenticios	2010	64	7,681	12.7					12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	63.6
14	Empresa de Productos de Belleza	2010	84	10,081	16.7					16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	83.5
15	Empresa - Productos alimenticios	2010	164	19,682	32.6					32.6	32.6	32.6	32.6	32.6	163.1
16	Empresa de Productos de Belleza	2010	154	18,482	30.6					30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	153.1
17	Institución Educativa Privada	2010	24	2,880	4.8					4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	23.9
18	Club Deportivo - Coyoacán	2010	608	72,968	120.9					120.9	120.9	120.9	120.9	120.9	604.5
19	Club Deportivo - Lindavista	2010	912	109,452	181.4					181.4	181.4	181.4	181.4	181.4	906.8
20	Club Deportivo - Parques Polanco	2010	262.2	31,467	52.1					52.1	52.1	52.1	52.1	52.1	260.7
21	Club Deportivo - Tecnoparque	2010	258.4	31,011	51.4					51.4	51.4	51.4	51.4	51.4	256.9
22	Club Deportivo - Universidad	2010	691.6	83,001	137.5					137.5	137.5	137.5	137.5	137.5	687.7
23	Hotel al Sur de la Ciudad	2010	80	9,601	15.9					15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	79.5
24	Hotel en Tláhuac	2010	52	6,241	10.3					10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	51.7
25	Hotel en Santa Fe	2010	80	9,601	15.9					15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	79.5

Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)									
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
26	Embotelladora en Vallejo	2010	80	9,601	15.9					15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	79.5
27	Empresa de Autobuses	2010	152	18,242	30.2					30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	151.1
28	Distribuidora de Autos - Aeropuerto	2010	20	2,400	4.0					4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	19.9
29	Corporativo – Ramo Óptica	2010	44	5,281	8.8					8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	43.8
30	Hospital en Álvaro Obregón	2010	456	54,726	90.7					90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	453.4
31	Hospital en Santa Fe	2010	1596	191,541	317.4					317.4	317.4	317.4	317.4	317.4	1586.9
32	Hospital de Alta Especialidad en Coyoacán	2010	240	28,803	47.7					47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	238.6
33	Restaurante (Comida rápida) Azcapotzalco	2010	17	2,040	3.4					3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	16.9
34	Restaurante (Comida rápida) Magdalena Contreras	2010	22	2,640	4.4					4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	21.9
35	Restaurante (Comida rápida) Coyoacán	2010	12	1,440	2.4					2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	11.9
36	Restaurante (Comida rápida) Benito Juárez	2010	14	1,680	2.8					2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	13.9
37	Restaurante (Comida rápida) Cuauhtémoc	2010	16	1,920	3.2					3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	15.9
38	Restaurante (Comida rápida) Cuauhtémoc	2010	20	2,400	4.0					4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	19.9

Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)									
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
39	Restaurante (Comida rápida) Iztacalco	2010	15	1,800	3.0					3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	14.9
40	Restaurante (Comida rápida) Álvaro Obregón	2010	21	2,520	4.2					4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	20.9
41	Restaurante (Comida rápida) Benito Juárez	2010	13	1,560	2.6					2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	12.9
42	Restaurante en Polanco	2010	10	1,200	2.0					2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	9.9
43	Restaurante DF	2010	8.4	1,008	1.7					1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	8.4
44	Restaurante en la Condesa	2010	12	1,440	2.4					2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	11.9
45	Restaurante-Tienda Aeropuerto	2010	32	3,840	6.4					6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	31.8
46	Restaurante-Tienda Buenavista	2010	32	3,840	6.4					6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	31.8
47	Restaurante-Tienda Tlalpan	2010	32	3,840	6.4					6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	31.8
48	Restaurante-Tienda Peralvillo	2010	32	3,840	6.4					6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	31.8
49	Club Deportivo - Lomas Chapultepec	2010	304	36,484	60.5					60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	302.3
50	Club Deportivo - Polanco	2010	532	63,847	105.8					105.8	105.8	105.8	105.8	105.8	529.0
51	Centro Deportivo - Villa Olímpica	2010	666.4	79,977	132.5					132.5	132.5	132.5	132.5	132.5	662.6
52	Unidad Deportiva - Coyoacán	2010	380	45,605	75.6					75.6	75.6	75.6	75.6	75.6	377.8

Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)									
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
53	Unidad Deportiva - Miguel Hidalgo	2010	516.8	62,023	102.8					102.8	102.8	102.8	102.8	102.8	513.9
54	Unidad Deportiva - Iztapalapa	2010	836	100,331	166.2					166.2	166.2	166.2	166.2	166.2	831.2
55	Hotel en Tlalpan	2010	114	13,682	22.7					22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	113.4
56	Hotel en Cuauhtémoc	2010	80	9,601	15.9					15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	79.5
57	Hotel en Miguel Hidalgo	2010	80	9,601	15.9					15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	79.5
58	Hotel en Gustavo A Madero	2010	120	14,402	23.9					23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	119.3
59	Hotel en Tlalpan	2010	16	1,920	3.2					3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	15.9
60	Hotel en Álvaro Obregón	2010	100	12,001	19.9					19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	99.4
61	Hotel en Iztapalapa	2010	64	7,681	12.7					12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	63.6
62	Hotel en Coyoacán	2010	80	9,601	15.9					15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	79.5
63	Hotel en Tlalpan	2010	84	10,081	16.7					16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	83.5
64	Hotel en Azcapotzalco	2010	197.6	23,715	39.3					39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	196.5
65	Hotel en Polanco	2010	129	15,482	25.7					25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	128.3
66	Hotel en Iztacalco	2010	72	8,641	14.3					14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	71.6
67	Hotel en Tláhuac	2010	190.4	22,851	37.9					37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	189.3
68	Hotel en Miguel Hidalgo	2010	134.4	16,130	26.7					26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	133.6
69	Hotel en Chapultepec	2010	84	10,081	16.7					16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	83.5
70	Empresa de Productos de	2010	384	46,085	76.4					76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	381.8

Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)									
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
	Cuidado Personal														
71	Centro Deportivo - Álvaro Obregón	2010	42	5,041	8.4					8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	41.8
72	Empresa Telefónica	2010	240	28,803	47.7					47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	238.6
73	Hospital en Tlalpan	2010	197.6	23,715	39.3					39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	196.5
74	Hospital en Gustavo A. Madero	2010	570	68,408	113.4					113.4	113.4	113.4	113.4	113.4	566.8
75	Hospital en Iztapalapa	2010	100	12,001	19.9					19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	99.4
76	Hospital en Cuauhtémoc	2010	228	27,363	45.3					45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	226.7
77	Hospital en Gustavo A. Madero	2010	2280	273,630	453.4					453.4	453.4	453.4	453.4	453.4	2267.0
78	Hospital en Cuajimalpa	2010	4180	501,655	831.2					831.2	831.2	831.2	831.2	831.2	4156.2
79	Hospital en Cuauhtémoc	2010	950	114,013	188.9					188.9	188.9	188.9	188.9	188.9	944.6
80	Hospital en Tacubaya	2010	76	9,121	15.1					15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	75.6
81	Hospital en Cuauhtémoc	2010	950	114,013	188.9					188.9	188.9	188.9	188.9	188.9	944.6
82	Hospital en Tlalpan	2010	152	18,242	30.2					30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	151.1
83	Hospital en Tláhuac	2010	326.8	39,220	65.0					65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	324.9
84	Escuela Maestros - Álvaro Obregón	2010	570	68,408	113.4					113.4	113.4	113.4	113.4	113.4	566.8

Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)									
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
85	Escuela Maestros - Miguel Hidalgo	2010	570	68,408	113.4					113.4	113.4	113.4	113.4	113.4	566.8
86	Escuela Nivel Primaria - Cuauhtémoc	2010	988	118,573	196.5					196.5	196.5	196.5	196.5	196.5	982.4
87	Escuela Nivel Superior - Iztacalco	2010	1140	136,815	226.7					226.7	226.7	226.7	226.7	226.7	1133.5
88	Escuela Nivel Superior - Miguel Hidalgo	2010	1026	123,134	204.0					204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	1020.2
89	Escuela Privada Nivel Superior	2010	266	31,924	52.9					52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	264.5
90	Escuela Privada Nivel Superior	2010	456	54,726	90.7					90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	453.4
91	Club Deportivo Familiar	2010	456	54,726	90.7					90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	453.4
92	Deportivo en Magdalena Contreras	2010	304	36,484	60.5					60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	302.3
93	Centro Deportivo - Benito Juárez	2010	3220	386,442	640.3					640.3	640.3	640.3	640.3	640.3	3201.7
94	Club Deportivo - Xochimilco	2010	1824	218,904	362.7					362.7	362.7	362.7	362.7	362.7	1813.6
95	Club Deportivo - Buenavista	2010	456	54,726	90.7					90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	453.4
96	Club Campestre	2010	153	18,362	30.4					30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	152.1
97	Club de Tenis - Miguel Hidalgo	2010	456	54,726	90.7					90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	453.4
98	Club Deportivo - Álvaro Obregón	2010	760	91,210	151.1					151.1	151.1	151.1	151.1	151.1	755.7

Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)									
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
99	Club Deportivo - Álvaro Obregón	2010	684	82,089	136.0					136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	680.1
100	Club Deportivo - Benito Juárez	2010	2888	346,598	574.3					574.3	574.3	574.3	574.3	574.3	2871.6
101	Deportivo en Tlatelolco	2010	532	63,847	105.8					105.8	105.8	105.8	105.8	105.8	529.0
102	Deportivo en Milpa Alta	2010	1824	218,904	362.7					362.7	362.7	362.7	362.7	362.7	1813.6
103	Deportivo en Tlalpan	2010	33.6	4,032	6.7					6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	33.4
104	Gimnasio en Tasqueña	2010	16	1,920	3.2					3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	15.9
105	Parque Ecológico - Coyoacán	2010	456	54,726	90.7					90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	453.4
106	Hotel	2010	40	4,801	8.0					8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	39.8
107	Hotel	2010	40	4,801	8.0					8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	39.8
108	Hotel	2010	40	4,801	8.0					8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	39.8
109	Institución Bancaria	2008	84	10,081	16.7			16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	116.9
110	Planta Farmacéutica	2009	304.8	36,580	60.6				60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	363.7
111	Casa Habitación	2013	35.14	4,217	7.0					7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	34.9
112	Campamento Limpia - Delegación GAM	2013	19.28	2,314	3.8					3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	19.2
113	Campamento Limpia - Delegación GAM	2013	19.28	2,314	3.8					3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	19.2
114	Embajada País Europeo	2010	8.8	1,056	1.7					1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	8.7

**Tabla 9. Gases efecto invernadero evitados en el período 2006-2013**

No.	Establecimiento o Empresa	Inicio de operación	Superficie instalada (m <sup>2</sup> )	Ahorro GLP (l/año)	t-CO <sub>2</sub> eq / a	GEI evitados (t-CO <sub>2</sub> -eq / año)										
						2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	
115	Hotel-Motel en Iztapalapa	2008	33.12	5,785	9.6			9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.8	67.3
116	Escuela en Álvaro Obregón	2009	263.84	31,980	53.0				53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	317.9
117	Escuela en Benito Juárez	2012	200	29,549	49.0					49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	244.8
118	Restaurante en Benito Juárez	2013	100	17,767	29.4					29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	147.2
119	Hospital en Tlalpan	2011	197.6	27,837	46.1					46.1	46.1	46.1	46.1	46.1	46.1	230.6
TOTAL			44,013	5,325,758	8,825	6	51	253	367	8,825	8,825	8,825	8,825	8,825	8,825	44,802

## Anexo 2. Empresas en las base de datos de FAMERAC.

No	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
1	MEGAMEX	Es una empresa con más de 45 años de experiencia en la producción y venta de calentadores de agua a base de gas natural, GLP y leña	Oficinas Corporativas: 01 (55) 5705 1711 ext. 210, 11 y 251. Fax: 01 (55) 5703 2829. CE: ventas@magamex.com.mx	Sucursal Guadalajara. 01 (33) 3810 7090, 3810 7075, 01 (33) 3810 7076 y 3811 9348	<a href="http://www.magamex.com.mx">http://www.magamex.com.mx</a>
2	IUSA	Provee de materiales para la medición, conducción y control de energía, gas, agua y otros fluidos a la industria, como tubo de cobre, cobre y aleaciones, aisladores, cable para construcción, cortacircuitos, reguladores y válvulas de gas, entre otros.	Avenida Ejército Nacional # 904, Piso 13. Col. Palmas, Polanco. México D.F. C.P. 11560	Tel: (55) 5118.1400, (55) 5179.3855; Fax: ( 55 ) 5118 1434. CE: gerentemetro@iusa.com.mx.	<a href="http://www.iusa.com.mx/iusa_mex.asp">http://www.iusa.com.mx/iusa_mex.asp</a>
3	MONARCA	Fabricante de Calentadores Solares Planos, mediante el uso eficiente de las energías darle a las futuras generación un mundo mejor.	Tochtli # 323, Local 2. 02760 Azcapotzalco	Tel: 01 55 5353 7438, CE: ventas@csmonarca.com	<a href="http://www.csmonarca.com">http://www.csmonarca.com</a> <a href="http://www.facebook.com/pages/Calentadores-Solares-">http://www.facebook.com/pages/Calentadores-Solares-</a>
4	HELIOCOL	Se dice empresa líder en México dedicada al aprovechamiento de energía solar, a través de la ingeniería, venta, distribución e instalación de sistemas solares.	Bldv Toluca # 14-16, Col. San Francisco Cuautlalpán Naucalpan, Edo. de México	CE: heliocol@heliocol.com.mx Tel: (52) 55 5250-6100 01800-ENERSOL	<a href="http://www.heliocol.com.mx">http://www.heliocol.com.mx</a>
5	PROCOBRE	ICA-Procobre México busca dar a conocer alternativas para la obtención de energía a través de fuentes renovables. El objetivo de esta estrategia es que los estados y municipios evalúen la pertinencia de incorporar los CSA en sus Reglamentos de Construcción, para impactar en todos sus sectores productivos, con un porcentaje de agua calentada por energía solar	ICA Procobre – México Av. Sor Juana Inés de la Cruz # 14. Oficina 604. Tlalnepantla Centro, Estado de México. CP 54000	Tel: 52-55-1665 6330 Fax: 52-55-1665 6562	<a href="http://www.procobre.org">www.procobre.org</a>

No	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
6	USOL	USOL, SA. de C.V. es una empresa mexicana líder en el desarrollo de equipos de calentamiento de agua, calefacción de aire, hornos de secado, y precalentamiento y calentamiento de fluidos mediante el aprovechamiento de la energía solar.	Sta. Rosa #48. Ex Hacienda de Coapa. C.P. 04320. México, D.F.	Tel. 5679 3866 Fax 5684 0347. CE: usolusol@gmail.com	<a href="http://www.usol.com.mx/">http://www.usol.com.mx/</a>
7	SUNWAY	Es un fabricante de calentadores solares con 33 años de experiencia instalando estos sistemas en albercas, en viviendas sociales y residenciales.	SUNWAY de México S.A. de C.V. Ejército Nacional # 1162 Col. Polanco. CP 11570. México D.F.	Polanco (55) 5395 0041, 53955771, Fábrica (55) 5686 9470. CE: sunwaymx@hotmail.com	<a href="http://www.sunwaymx.com.mx/">http://www.sunwaymx.com.mx/</a>
8	TECNOSOL	Empresa dedicada a la fabricación y venta de calentadores solares para uso doméstico, industrial y albercas. Se dice pionera en el uso de la energía solar aplicada en beneficio de la comunidad	Fábrica: Nogal # 1894. Col. Paraísos del Colli. Zapopan, Jalisco México. Oficinas: Isla Pantenaria # 2407 Esq. Isla Hebridas. Col. Jardines del Sur. Guadalajara, Jalisco, México	Tel: (33) 3614-4429, 3645-5675, CE: contacto.web@tecnosolmexico.com . MSN: tecnosol2@hotmail.com	<a href="http://www.tecnosolmexico.com/">http://www.tecnosolmexico.com/</a>
9	CERO CONTAMINACION	Empresa dedicada a la venta de calentadores solares para albercas, casas, hoteles, hospitales, molinos.	Calle Álvaro Obregón # 1021, S.L. Guadalajara, Jalisco. C.P. 44380	CE: ventas@cerocontaminantes.com. Tel: (33) 3618.7871, Fax: 3617.9668	<a href="http://www.cerocontaminacion.com">http://www.cerocontaminacion.com</a>
10	MODULO SOLAR	Es una empresa que ha desarrollado diversos estudios de ahorro de energía en instalaciones para diversos usos y es fabricante e montador de equipos solares en México.	Módulo Solar, S.A. de C.V. Comercializadora General Solar, S.A. de C.V. Av. Atacomulco # 136, Col Acapantzingo. Cuernavaca, Morelos. C.P. 62440.	Tel: 3180.104, 105, 108, 109 y 3128.017. Ventas: 777 312 8017. LADA sin costo: 01-800-999-5500.	<a href="http://www.modulosolar.com.mx/">http://www.modulosolar.com.mx/</a>
11	ALFA SOLAR MÉXICO	Es una empresa fabricante de calentadores de agua solares y promotora del aprovechamiento de fuentes de energía limpias y renovables.	Alfa Solar México. Av. Américas # 612. Entre Eulogio Parra y Arista. Col. Ladrón de Guevara. Guadalajara, Jalisco, México. C.P. 44600	CE: contacto@alfasolar.mx, Tel: 01 33 3854 0466, 1525 0428. Fax: 01-33-1525-0428	<a href="http://www.alfasolar.mx/">http://www.alfasolar.mx/</a>

No	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
12	CAPTASOL	Son diseñadores y fabricantes de equipos térmicos solares. Ofrecen, dicen, la mejor ingeniería de diseño para soluciones energéticas cuyo objetivo sea económico y ambiental. Apoyan planes de financiamiento directo de fábrica a clientes institucionales, garantizando el pleno funcionamiento de nuestros equipos y el servicio.	CAPTASOL S.A. de C.V. Fábrica y oficinas generales: Camino Real # 10. Col. Las Granjas CP. 38140. Celaya Gto. México	Tel: (461) 618 2056 y (461) 618 2108. Tel y Fax. (461) 618 4861	<a href="http://www.captasol.com.mx/">http://www.captasol.com.mx/</a>
13	DUNA SOLAR	Ofrece productos que aprovechan las energías renovables como el Sol, tales como calentadores solares.	Ottawa # 1218-B. Col. Providencia. Guadalajara, Jalisco.	Tel: (33) 3001-5710, CE: info@dunaenergy.com.mx	<a href="http://www.dunaenergy.com.mx">www.dunaenergy.com.mx</a>
14	FOSTECH	Empresa con experiencia en la fabricación de calentadores solares y generadores de vapor, con compromiso ecológico.	Ramal de La Tijera # 1840. El Campanario, Zapopan, Jalisco. C.P. 45234	E-mail: info@fostech.com.mx Tel: 333.826.5509	<a href="http://fostech.com.mx">http://fostech.com.mx</a>
15	HELIOMEX	Es una compañía de CSA, que utiliza la última y más eficiente tecnología europea, captando el 95% de la radiación solar, pudiendo alcanzar temperaturas hasta de 80°C a 1780 metros snm, en condiciones normales de pleno sol.	Calle Las Flores # 106. Col. Jardines de Jerez. León, Guanajuato. C.P. 37530	Tel.477.211.1070	<a href="http://Heliomex.com.mx">Heliomex.com.mx</a>

Código de Colores - Seguimiento (columnas A-G)		
		Empresas ubicadas en el Distrito Federal (4)
		Empresas ubicadas fuera del DF (11)
		Empresas que contestaron la encuesta (3)

### Anexo 3 Empresas no integrantes de FAMERAC.

No.	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
16	MOGAMEX SOLAR	Somos distribuidores de marcas prestigiosas como Redugax, Sakura o Funcosa. La solución más rentable para calentar el agua de una alberca.	Serafín Peña # 808. Col. Centro	Correo electrónico: mogamex@gmail.com. Tel: (81) 17 38 23 59. I.D. Nextel: 72*15*73137	www.mogamex.com
17	E3 CAPITAL S.A. DE C.V.	Se dedica a la búsqueda de opciones energéticas alternativas, por medio de la comercialización de CSA, con una amplia gama de soluciones que van desde sencillos sistemas domésticos, hasta sofisticadas instalaciones comerciales e	Liverpool # 98-2. Col. Juárez. C.P. 06600 México, D.F.	Tel: (01 55) 5208 5947 / 48 CE: contacto@e3solar.com ventas@e3solar.com	http://www.e3solar.com/
18	SOLUSOLAR	Distribuye en toda la República Mexicana. Comercializa a través de distribuidores o directamente.	Av. Xola # 1902. Col. Narvarte.	CE: contacto@solusolar.com Tel/fax: 3626.5969, 5970, 35383890	http://www.solusolar.com
19	FUNCOSA S.A. DE C.V.	Líder nacional en servicio y venta de calentadores solares	Guillermo Marconi s/n, Toluca, Estado de México	Tel: (722) Teléfono= 2144370, CE: scastillo@funcosa.com.mx	www.funcosa.com.mx
20	ECOTERMIC	Vende, instala y ofrece refacciones para CSA, al igual que equipos con paneles reflectores que optimizan el funcionamiento.	Bahamas # 1388- 5. Col. Granjas Estrella, Iztapalapa. D.F. C.P. 09880.	Tel: 4204-9122 y 5037-3767 CE: info@ecotermic-ventas.com	www.ecotermic-ventas.com/
21	IMPREMA	Promueve el uso de ER con proyectos energéticamente eficientes y de desarrollo social. Instala y distribuye equipos nacionales e importados, según las necesidades del proyecto.	Bosque de Robles # 126. Bosque de las Lomas. México D.F. CP 11700	Tel : (55) 5596 43 92 Fax : (55) 5245 01 58 CE: info@imprema.com	www.imprema.com/
22	KRÜGER	Vende calentadores solares y materiales y realiza instalaciones.	General Mariano Arista # 54, Bodega 9. Col. Argentina Poniente. México,	Tel: 5386-2241, 01 800-888-4402	www.kruger.com.mx/
23	SUN-RADIAN	Vende calentadores solares y paneles fotovoltaico	México .D.F.	Tel. (55) 5642 0999 CE: sun-radian@sun-radian.com ventas@sun-radian.com	www.sun-radian.com/
24	ECOSOLARIS ENERGY	Empresa mexicana establecida en el estado de México y con presencia a nivel nacional. Su objetivo es ofrecer soluciones integrales con sistemas que aprovechan las ER, a fin de brindar a sus clientes alternativas viables que disminuyan los impactos ambientales por el uso de energía tradicional.		ventas@ecosolaris.com.mx info@ecosolaris.com.mx	http://www.ecosolaris.com.mx/

No.	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
25	SISTEMAS INNOVADORES DE ENERGÍA SOLAR, S. A. DE C. V.	Son fabricantes y representantes en México de cuatro de las fabricas más grandes del mundo en CSA, paneles solares fotovoltaicos, lámparas de inducción magnética y todo lo relacionado con iluminación de LED's.	Siesol Sala de exhibición: Blvd. Hidalgo # 1216, Col. Miguel Hidalgo, León Gto. Bodega Mayoreo: Islas Baleares 145-L3, Col. Lindavista, CP. 37300, León Gto.	Tel. (477) 713-1994 y 713-3233, Móvil 045(477) 787-96-72. ID. 72.674.59.95, ventas_siesol@yahoo.com.mx	<a href="http://www.siesol.com.mx/">http://www.siesol.com.mx/</a>
26	SOLAR TECHNOLOGY (Calentadores Solares de México, S.A. de C.V.)	Se dedicado desde hace 6 años a la búsqueda de soluciones ecológicas, en las que se aplican recursos 100% sustentables, para la producción de energía térmica y eléctrica en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales.	Agua Marina # 3032, Col. Aguablanca. Zapopan, Jalisco. CP 45235	Tel: 01(800)838-4570, +52 (33) 3612-394, +52(33) 1369 3242. CE: info@solartechnology.com.mx	<a href="http://www.solartechnology.com.mx/">http://www.solartechnology.com.mx/</a>
27	COLECSOL	Son fabricantes de calentadores solares de tubo de cobre.	Calle Roble # 432. Fracc. Circunvalación Norte. CP 20020 Aguascalientes, Ags.	Tel: (449) 914 3729. Movistar 449 127 8813. CE: colecsol@gmail.com	<a href="http://www.colecsol.com.mx">www.colecsol.com.mx</a>
28	RENOVABLES DE MÉXICO S.A. DE C.V.	Es una empresa formada por profesionales con más de 25 años de experiencia en ER, con la filosofía de impulsar su aprovechamiento; ofrece asesoría y desarrollo de proyectos para el sector público y privado.	Las Flores # 102, Col. Marfil. Guanajuato, Gto. C.P. 36250. Con oficinas en: Clúster Tecnológico de Energías Renovables. Camino al Gallito # 920. Arandas, Jalisco. C-P-47180	ID: 52. 219.63.02. Cel: 473-141-1148 CE: info@e-renovable.com	<a href="http://www.e-renovable.com">www.e-renovable.com</a>
29	SOLAR HOUSE (Sistemas de Ecología Solar S.A. de C.V.)	Es una empresa 100% mexicana dedicada a la comercialización de equipos solares. Está comprometida y enfocada a mejorar la calidad de vida y la economía, preservando el ambiente y llevando tecnología de punta a nuestros clientes	Av. Volcán del Colli # 2197. Col. Colli Urbano. Zapopan, Jalisco. C.P. 45070	Tel:01800.836.9353, 52(33)3133.1495, contacto@solarhouse.com.mx	<a href="http://solarhouse.mx">http://solarhouse.mx</a>
30	SOLARIS	Vende de calentadores solares y da mantenimientos.	Manuel Martínez Valadez # 57, Sector Reforma, 44810. Guadalajara, Jalisco	Tel:01 33 3653 0696	<a href="http://www.solaris-eco.com/">http://www.solaris-eco.com/</a>
31	WASSER SONNE	Es una empresa dedicada a mejorar el ambiente y la economía de nuestros clientes, mediante la importación, venta e instalación de CSA de tubería de vidrio al vacío, para trabajo a gravedad o termosifón, como para presión o hidroneumático; cuenta con certificación NORMEX Y ONNOCF.	Parque Floresta #119. Res del Parque. Celaya Gto.	Tel-Oficina: 01 (461) 61 1 83 14 En Celaya: 61 1 83 14, Nextel ID: 62*1039340*1	<a href="http://wassersonne.mex.tl/">http://wassersonne.mex.tl/</a>

No.	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
32	SOLGRATIS EQUIPOS	Es una empresa del ramo de energía sustentable, dedicada a la comercialización, venta, distribución e instalación de equipos de energía solar térmica y fotovoltaica, así como eólica, en su mayoría de importación, ya que buscamos excelente calidad en los productos que	Mariano Jiménez # 247, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, C.P. 47600	Tel: (378) 7811599, Celular 3781023573 , 3781176499, CE: solgratis@solgratis.com.mx, mmarquezcontreras@hotmail.com solgratis@prodigy.net dirección@solgratis.com.mx	solgratis.com.mx
33	SUNO CALENTADORES SOLARES AGUA	Ofrece grandes ventajas en el aprovechamiento de la energía solar para calentamiento de agua, con las siguientes características: horro considerable de combustible, no contamina, se cuenta con agua caliente siempre y se obtienen beneficios Fiscales	Francisco I. Madero # 566-2, Col. Providencia. Municipio: Arandas, Jalisco.	CE: suno@informacion.com.mx, suno@live.com.mx. Tel: (348) 7847846	http://www.suno.com.mx
34	CALENTADORES SOLARES DITA	Pone la máxima tecnología de CSA al alcance de sus clientes.	Guadalupe Victoria # 1016. Col. Industrial. Morelia, Michoacán	Tel: (443) 312 63 33, (443) 281 79 74, CE: o-diaz76@hotmail.com	www.sistemas-solares.com.mx
35	PROENERGY ENERGÍA ALTERNATIVA	Es una empresa mexicana dedicada a ofrecer soluciones integrales de ingeniería, enfocadas a la generación y ahorro de energía, mediante sistemas que aprovechan el sol y el viento.	Loma Bonita # 43. Col. Arboledas de Guadalupe, Puebla, Puebla. México	Tel: 409 1212, 409 1200 y 509 7497, Id. Nextel. 62*14*8296, Cel. 044 222 3284620. CE:contacto@proenergy.com.mx amoraleshmx@gmail.com atención de Alfredo Morales.	http://www.proenergy.com.mx/
36	FLEMING ENERGÍA SOLAR	Ofrece CSA para domicilios. .	Av. Revolución # 555, Tepoztlán, Morelos C.P. 62520	Tel 55 8421 8543, 739 395 1730 CE: fj@flemming.com.mx	http://www.flemming.com.mx
37	ALT-ENERGY MÉXICO	Es una empresa mexicana dedicada a la fabricación de calentadores solares; sus equipos son de la más alta calidad y emplean los mejores materiales para obtener los máximos rendimientos en el ahorro de combustible. Sus calentadores solares están certificados y autorizados para el programa "Hipotecas Verdes" de la CONAE. Ofrecen una garantía de 10 años.	Av. Costa Rica # 362. Col. Aviación. Torreón, Coahuila	Tel: (871) 720 86 37, (871) 204 20 27, Celular: (871) 183 83 03, CE: acabadosespeciales,@hotmail.com	

No.	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
38	KANNDAS SA DE CV	Es una compañía mexicano-alemana enfocada a ofrecer soluciones de alta calidad de ER. Su casa matriz se ubica en la ciudad de Puebla-México. Su trabajo está enfocado en gran parte a la energía solar. Ofrece asesoría, desarrollo de proyectos e instalación del equipo. Cuenta con calentadores solares, sistemas fotovoltaicos, bombas solares etc.	Av. Lateral Recta a Cholula Sur # 2A, Int. 201, Col. Bello Horizonte, 72170. Puebla, Puebla, México	Tel: +52 (222) 524 77 55 y 284 96 34. CE: info@kanndas-solar.com	<a href="http://www.kanndas-solar.com">www.kanndas-solar.com</a>
39	ENERGÍA RENOVABLE DE MICHOACÁN S.A. DE C.V.	Su fábrica cuenta con certificado de calidad mundial ISO-9001:2000, y forma parte de la lista de proveedores para el programa de Vivienda Ecológica de la CONAE. Sus calentadores solares cuentan con dictamen de idoneidad técnica, emitido por el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación S.C.	Fray Bernardino de Sahagún # 268-A. Morelia, Michoacán.	Teléfono: (443)3231643. CE: ventas@erdm.com.mx	<a href="http://www.erdm.com.mx">www.erdm.com.mx</a>
40	ENERGÍA Y TECNOLOGÍA ALTERNATIVA S.A. DE C.V. "YAAXTEC"	Ofrece asesoría, diseño, comercialización e instalación de productos y proyectos de energía alternativa. Calentadores solares, módulos fotovoltaicos, aerogeneradores y accesorios diversos.	C-22 #121A X 21 Y 23 Fracc. Loma Bonita. Mérida, Yucatán, CP. 97205	Teléfono: (999) 1 95 65 09 E-mail:ventas@yaaxtec.com	<a href="http://www.yaaxtec.com">www.yaaxtec.com</a>
41	GRUPO SIMOSOL S.A. DE C.V.	Da atención personalizada y ofrece calentadores solares Simosol; diseña, instala y distribuye sistemas fotovoltaicos y eólicos conectados y no a la red. Cuenta con equipo técnico especializado, capaz de desarrollar cualquier tipo de proyecto.	Av. Silvestre Terrazas #11800, Col. Ampliación La Esperanza. Chihuahua, Chihuahua. C.P. 31430.	Tel: (614) 434.0242, CE: direccion@simosol.com.mx	<a href="http://www.simosol.com.mx">www.simosol.com.mx</a>
42	SEA ECOTECNIAS AMBIENTALES S.A. DE C.V.	Ofrece calentadores solares Halo, sistemas de Ecotecnias Ambientales e Instala y da mantenimiento preventivo o correctivo	Matriz: Oriente 107 # 2301, esq. Ferrocarril Hidalgo. Col. La Joyita. Del. Gustavo A. Madero. DF. C.P. 07860	Tel: (55) 1209 0082	<a href="http://www.energiayagua.com.mx/">http://www.energiayagua.com.mx/</a>
43	CALENTADORES SOLARES SUN SPOT	Distribuye en México y próximamente Centroamérica. Ofrece la relación precio y calidad alta y cuenta con un Centro de Servicio especializado.	Lomas del Infante # 2164-2 Lomas de Atemajac, Zapopan Jalisco. C.P. 45019	Tel: (33) 3630-9033, Cel. 04433.1113.1286. CE: ifm@rocketmail.com	<a href="http://www.tin-marin.com.mx">www.tin-marin.com.mx</a>
44	SOLAR MAX ENERGÍA	Fabrica colectores solares de acero inoxidable, tanques térmicos, tubos con tecnología Tri-Ffire, todas las presentaciones de los tubos son de 58 mm, Tiene Gerente de zona para la atención personalizada a los distribuidores, además de ofrecer capacitación continua.	Av. Alemania #1340. Col. Moderna, Guadalajara, Jalisco. C.P. 44190	Tel: (33) 3682 9500, 3682 2820, 3682 2821 y 3629 0476. CE: ventas@solarmaxenergia.com	<a href="http://www.solarmaxenergia.com/">http://www.solarmaxenergia.com/</a>

No.	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
45	SOLARIUM. MR Tecnología Solar.	Distribuye en todo México y países colindantes. Es una empresa dedicada a la importación, compra y venta de CSA, tipo termosifónicos o a presión, de tubería de vidrio al vacío con tanque térmico en acero inoxidable o laminado con cubierta a color. Punto de venta directo de fábrica.	Av. Torres Landa # 308. Col Laureles 1ra. Celaya Guanajuato.	Tel: (461) 60 901 45. Ofna: (461) 16 7 62 94. Nextel ID. 62.288.6081, (461) 14 975 94 Cel. Dto. CE: calentadoresolares@solarium.cc	<a href="http://www.solarium.cc">http://www.solarium.cc</a>
46	SISTEMAS ECOLÓGICOS ALTERNATIVOS DE MÉXICO (SEAMEX)	Es importadora de calentadores solares de tubos al vacío. Vende al mayoreo y menudeo a nivel nacional. Sus equipos están fabricados con la más alta tecnología y con los mejores materiales y técnicas de manufactura,	Calle Orquídeas # 96 col. Jardines de Tepa., Tepatitlán, Jalisco, C.P 47680	Tel: 01 (378) 7 81 11 30, CE: seamextepa@prodigy.net.mx	<a href="http://www.seamextepa.com.mx">www.seamextepa.com.mx</a>
47	TECNOLOGÍA SOLAR	Maneja sistemas de tubería de vidrio al vacío, importa y vendo a precio de distribuidor, además de contar con servicio en diseño y desarrollo de proyectos, para la instalación de estos sistemas y tecnología en aplicaciones como: tortillerías, productores de leche, hospitales, hoteles, albercas, conversiones de presión a gravedad y viceversa, etc.	Av. Torres Landa # 308, Celaya, Guanajuato	Tel: (01-461)6090145, Nextel ID: 62.288.6081. CE: technosoldelbajio@hotmail.com. Contacto: Adrián Otero Piña	página en construcción
48	ENERNAT S.A. DE C.V. (ENERGÍAS NATURALES SIGLO XXI S.A DE C.V)	Da asesoría y vende CSA para residenciales e industrias y ofrece equipos suavizadores de agua residenciales e industriales, etc....	Av. Miguel Negrete # 6. Col Héroes de Puebla, C.P. 72520, Puebla	CE: juan_castorena@enernat.com. Tel/fax: (222) 3795628, (222) 2362695. Cel.: 044 22 23 51 95 80	<a href="http://www.enernat.com">http://www.enernat.com</a>
49	ECOVITA	Ofrece CSA, filtros o purificadores y sistemas de acondicionamiento de agua o suavizantes, domos tubulares o solares, equipos de ahorro de combustible como TortiGas o RestaGas, regaderas ecológicas, entre otros.	Av. Santa Margarita # 831. Col. Residencial Poniente. Zapopan, Jalisco. C.P. 45019	Tel: (33) 3336.1778 y (33) 3610.17-55, 01 (800) 839-3753. CE: contacto@ecovita.mx	<a href="http://www.ecovita.mx/">http://www.ecovita.mx/</a>
50	TECNOCLEAR	Vende de CSA y bombeo solar, aire acondicionado, filtros caseros, sistemas ahorradores, etc.	Guadalupe Victoria #603. Cortázar, Guanajuato. C.P. 38300	Cel. 1: (411) 105.6106, Cel. 2: (411) 153.8993. CE: Barbosa189@hotmail.com	<a href="http://www.tecnoclear.com/">http://www.tecnoclear.com/</a>
51	GRUPO ZADI	Empresa que ofrece productos de calidad para el cuidado del ambiente. Vende productos, soldadura de accesorios, conexiones para agua y gas, mangueras, grifería y valvulares, calentadores solares, bombas e hidroneumáticos, sistema PEX y de climatización.	Calzada Corredores # 237, Col. Cacalomacan, Toluca Edo. Max.	Tel: (722) 1 32 27 33, Nextel: (722) 2 09 67 33, ID:52*231742*1	<a href="http://www.grupozadi.com/">http://www.grupozadi.com/</a>

No.	Empresa	Perfil de empresa	Dirección	Contacto	Página web
52	SUNNERGY	Ofrece productos y servicios bajo la imagen y prestigio de su marca registrada Sunnergy®, además de otras prestigiadas marcas a nivel mundial, algunas de las cuales representamos en exclusiva en toda la república mexicana.	Broca # 2605-31. Álamo Tecnopark. Col. Álamo Industrial. Guadalajara Jal. C.P. 4449	Conmutador: 52 (33) 1380 4500 Fax: 52 (33) 3914 2697. CE: contacto@sunnergy.com.mx	<a href="http://www.sunnergy.com.mx/">http://www.sunnergy.com.mx/</a>
53	INOVVASOLAR	Empresa 100% mexicana del Grupo Olmyher, SA de CV., dedicada a la venta y distribución de calentadores solares y alternativas renovables. Están altamente comprometidos con la ecología y el ambiente, teniendo como principal objetivo satisfacer a sus clientes.	Amado Nervo # 536 Col. del Valle, San Luis Potosí, SLP, México. CP 78220.	Tel: (444) 808 4538, Cel.: 4444172841, Nextel: 52.1906.5610. CE: ventas@innovasolar.com	<a href="http://www.innovasolar.com.mx/">http://www.innovasolar.com.mx/</a>
54	EVOLUCIÓN SOLAR	Empresa líder en el ramo de calentadores solares en México	Sala de exhibición: Av. Colón Sur # 2736, Jardines del Sur, Guadalajara, a 2 cuadras del tren ligero "Urdaneta". CP: 44950 Atención al mayoreo: Perú # 2441, Fracc. Colón. Guadalajara, Jal. CP. 44920	Ventas y asesoría: 01(33) 3336-2523, 01(33) 1650-8142, 01(33) 1649-9657. CE: evolucionsolar@gmail.com. contacto.evulucionsolar@gmail.com	<a href="http://www.evulucionsolar.com.mx/">http://www.evulucionsolar.com.mx/</a>
55	CINSA SOLEI	Vende de calentadores solares, con oferta de un ahorro de más del 70% en el combustible.	No especificado en la página web	No especificado en la página web	<a href="http://www.cinsasolei.com.mx/">http://www.cinsasolei.com.mx/</a>
56	FRANTOR	Consortio empresarial dedicado a ofrecer soluciones de energía sostenible de calidad y a precios competitivos, directos de fábrica para nuestros clientes exclusivos. Son mayoristas, medio-mayoreo e importadores de calentadores solares.	Camino al Gallito # 920. Arandas, Jalisco. México. C.P. 47180	Tel. Oficina: (348) 783 4611, (348) 783 2476, (348) 783 3550	<a href="http://frantor.com/">http://frantor.com/</a>

Código de Colores - Seguimiento (columnas A-G)		
		Empresas ubicadas en el Distrito Federal (7)
		Empresas ubicadas fuera del DF (34)
		Empresas que contestaron la encuesta (2)

## Anexo 4. Formato de reporte – Wal-Mart.



### Formato reporte cumplimiento NADF-008-AMBT-2005

1. Datos del establecimiento
  - 1.1. Unidad de formato
  - 1.2. Localización
  - 1.3. Planos de fachada
2. Datos técnicos
  - 2.1. Memoria descriptiva del establecimiento
  - 2.2. Memoria hidrosanitaria del establecimiento
  - 2.3. Planos (azotea, instalación hidrosanitaria)
3. Cumplimiento de la norma
  - 3.1. Cálculo del consumo energético anual (CEA) por utilización de agua caliente del establecimiento y porcentaje de contribución solar
  - 3.2. Especificaciones de orientación e inclinación
  - 3.3. Esquema de conexión
  - 3.4. Diagrama unifilar de la instalación hidráulica donde se especifiquen longitudes, diámetros, presiones y accesorios.
  - 3.5. Memoria de diseño del sistema automático para el control del sistema (incluir diagramas eléctricos)
  - 3.6. Medidas consideradas para la protección del sistema
4. Fichas técnicas
  - 4.1. Colectores solares
  - 4.2. Termotanque
  - 4.3. Aislamiento térmico
  - 4.4. Bombas
  - 4.5. Sistemas de medición
  - 4.6. Controladores
  - 4.7. Certificado de cumplimiento de la NMX-ES-001-NORMEX-2005
5. Planos del sistema
  - 5.1. Azotea
  - 5.2. Soportería de los colectores
  - 5.3. Instalación hidrosanitaria
6. Reporte fotográfico
  - 6.1. Colectores solares
  - 6.2. Termotanque
  - 6.3. Instalación hidráulica
  - 6.4. Aislamiento térmico
7. Manual de operación y mantenimiento del sistema  
Limpieza de los colectores solares (periodicidad y recomendaciones básicas)  
Mantenimiento preventivo

**Notas:**

*En caso que la norma no pueda ser cumplida como se especifica se debe justificar una instalación con menor cobertura con un reporte que contenga la misma información de este reporte.*

### Anexo 5. Proceso de envío y seguimiento de encuestas.

En el marco de la aplicación de la encuesta a fabricantes e instaladores de calentadores solares para evaluar el desempeño de la NADF-008-AMBT-2005. A continuación se describe el proceso de envío y seguimiento de la misma.

- a) Se trabajó con dos directorios, el primero conformado por 15 empresas afiliadas a la FAMERAC y el segundo con 41 empresas no afiliadas.
- b) Se realizó una selección de las empresas ubicadas en el DF y las que estaban fuera de su territorio. Ubicándose 11 en la ciudad y 45 en el interior de la República.
- c) Las entrevistas iniciaron a partir del 10 de abril de 2013, se realizaron llamadas telefónicas y se envió por correo electrónico la invitación a las empresas para participar en el estudio de evaluación del desempeño de la NADF.

El formato de la encuesta se presenta al final del anexo.

- d) Se envió la invitación por correo electrónico a todas las empresas que se encontraban fuera del DF (43 correos enviados), que pudiesen haber realizado proyectos en el marco de la NADF en la ciudad, ya sea a través de un distribuidor o por cuenta propia. Su seguimiento arrojó lo siguiente:

**43 correos enviados:** Cinco empresas respondieron el correo.

**Puebla:**

Enernat S.A. de C.V. (Energías Naturales Siglo XXI S.A de C.V). Dijo no tener proyectos en el DF.

**Morelos:**

Flemming energía solar, mostró interés en participar y respondió la encuesta. Proporcionó información de un proyecto.

**Estado de México:**

Ecosolaris Energy, mostró interés en participar y se le envió la encuesta.

**Jalisco:**

Solgratis Equipos, comentó que venden a toda la República.

STI Solar Technology, mostró interés a reserva de contar con la información, se le envió la encuesta.

Respecto a las otras empresas:

- 32 no respondieron el correo.
- 6 no recibieron la invitación al rebotar el mensaje su cuenta de correo.
- 2 no se les envió correo por que no se dedican a la venta de CSA.

De las encuestas enviadas solo cinco empresas proporcionaron información, tres de ellas afiliadas a FAMERAC (Heliocol, Módulo Solar y Sunway) y dos no.

**Problemática encontrada**

El éxito o fracaso de una encuesta está en su tasa de respuesta, que en este caso fue baja. La estrategia seguida, de primero contactar a las empresas telefónicamente y posteriormente enviarles el cuestionario, se consideró la más adecuada para tener un primer panorama de la situación prevaleciente en cuanto a cumplimiento de la norma solar; desafortunadamente, en el caso de las empresas con proyectos en el DF sólo se obtuvo una participación baja. Algunas de las razones de esta situación consideramos que fueron.

- no tener las empresas interés en participar;
- no querer, por desconfianza, compartir información acerca de sus proyectos;
- no haber realizado instalaciones en el marco de la norma;
- no contar con equipos en el DF;
- estar enfocados sólo al Programa de Hipotecas Verdes;
- no contar con tiempo para responder la encuesta;
- no existir ya la empresa.

Encuesta para la evaluación del desempeño de la norma ambiental para el distrito federal  
NADF-008-AMBT-2005

## PROGRAMA MLED

### ENCUESTA A FABRICANTES Y EMPRESAS INSTALADORAS DE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-008-AMBT-2005

#### Antecedentes

La Norma Ambiental NADF-008-AMBT-2005, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 7 de abril de 2006, ha cumplido ya 7 años de aplicación. Se emitió con el objetivo de establecer: los criterios para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua; los requerimientos mínimos de calidad de estos sistemas; y las especificaciones técnicas de su instalación, funcionamiento y mantenimiento para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías. Aplica a los establecimientos que iniciaron operaciones a partir del día siguiente de su publicación, así como a aquellos que realizaron una remodelación total de sus instalaciones ubicadas en el Distrito Federal y que requieran agua caliente para realizar sus actividades.

No obstante el largo período de su aplicación, a la fecha, no existe evidencia documental alguna que permita medir su desempeño e impacto sobre el número de sistemas instalados en base a esta Norma. Se presume que éste último ha sido positivo y se conoce de forma indirecta que en varias instalaciones se han emplazado sistemas solares de calentamiento de agua, los cuales pueden clasificarse en cuatro tipos de proyectos: :

- los que se desarrollan para dar cumplimiento a la Norma, por lo que están plenamente registrados en la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA), en el área de Cambio Climático, y bajo la Licencia Ambiental Única (LAU) y quienes están sujetos a presentar el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) como las lavanderías y tintorerías;
- los que están obligados a acatar la Norma, pero que no cuentan con la LAU y por tanto no se tiene información alguna sobre ellos;
- los que se han instalados en el marco de ahorro de energía y no obstante que tomaron como referencia la NADF-008-AMBT-2005, no cumplen plenamente con los criterios de ésta; .
- los que no caen en las clasificaciones anteriores y que se han promovido en aplicaciones industriales y comerciales, bajo criterios de ahorro de energía y aprovechamiento de las energías renovables.

En el marco del "Programa de Apoyo al Desarrollo Bajo en Emisiones de México" (México Low Emissions Development, en adelante MLED por sus siglas en inglés), auspiciado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (U.S.

Encuesta para la evaluación del desempeño de la norma ambiental para el distrito federal  
NADF-008-AMBT-2005

---

Agency for International Development, en adelante USAID por sus siglas en inglés), se busca evaluar el impacto de la **NADF-008-AMBT-2005**, a través de la aplicación de una encuesta a los principales fabricantes e instaladores de este tipo de sistemas en el DF. Para ello, se contempla solicitar oficialmente su colaboración, proporcionando información técnica de sus sistemas solares.

Cabe mencionar que, los datos obtenidos se utilizarán sólo con fines estadísticos, por lo que únicamente se publicarán los aspectos generales de los proyectos, manteniendo plenamente la confidencialidad de la información detallada de los mismos.

Nombre de la empresa instaladora:

Domicilio:

Tel:

Nombre del entrevistado:

Puesto:

E-mail:

Marca de los sistema de calentamiento solar y origen de fabrica:

Que tipo de capacitación reciben los instaladores, o cual es la especialidad base (plomeros, técnicos, otros, especificar):

Encuesta para la evaluación del desempeño de la norma ambiental para el distrito federal  
 NADF-008-AMBT-2005

**I. Información de detalle de los proyectos**

	2005-2012
Nombre de la empresa en la que se instaló el sistema de calentamiento solar	
Datos del contacto en la empresa	
Domicilio de la empresa	
Clasificación del inmueble donde se instaló el equipo: casa habitación, industria, restaurante, lavandería, hotel, otro (explicar).	
Aplicación del sistema: usos sanitarios, comerciales o industriales (describir), calentamiento de albercas, otros (especificar) ,	
¿Cual fue el motivo de la empresa para instalar el sistema de calentamiento solar?	
Año en que se realizó la instalación	
Número de colectores solares instalados	
Superficie de colectores solares instalados; en m <sup>2</sup>	
Tipo de sistema de calentamiento solar instalado: polímero, tubos de cobre, tubos al vacío/evacuados, otros (explicar).	
Configuración del sistema ( termosifónico o a Presión )	
¿Qué porcentaje de la demanda energética anual tradicional se redujo con el sistema solar; es decir, cuánto combustible se dejó de consumir ?	
Temperatura de diseño; °C	
Volumen de producción diaria de agua caliente; m <sup>3</sup> /día (en base al diseño)	
Ahorro anual de combustible (Gas LP, gas natural, diesel, kWh, etc.) (litros/año, m <sup>3</sup> /año, etc.) (valores estimados si cuenta con datos reales.	
¿La instalación está registrada en la LAU y está sujeto al RETC del GDF?	
Observaciones y comentarios	

**Este cuadro es para la información de cada proyecto, por lo que se repetirá en función del número de proyectos reportados por el instalador**

## **Anexo 6. Proceso de calculo para estimar el impacto de ahorro energético y reducción de emisiones por la implementación de CSA**

Como ya citamos, la información disponible no permite evaluar de manera confiable los impactos de la NADF-008-AMBT-2005, en términos del ahorro de combustible y con ello de los GEI evitados; no obstante, con base en información recabada del trámite de la LAUDF y de los proyectos desarrollados por algunas empresas instaladoras, se determinó un orden de magnitud de la mitigación lograda con estos sistemas solares. En las diferentes tablas se muestran las estimaciones por proyecto, para cada una de las etapas en que se dividió el estudio: datos de la Dirección de Cambio Climático, encuestas realizadas a empresas instaladoras de CSA, datos de un estudio de evaluación de la norma y la revisión de expedientes de la LAU-DF.

La inclusión de la información de todos los proyectos en la Tabla 6, se realizó con el objetivo sumar beneficios adicionales, pues aunque en algunos proyectos no tengamos la certeza de que se haya realizado para cumplir con la norma ambiental, cabe la posibilidad de que las instalaciones se hayan realizado por influencia de ésta directa o indirectamente. El número de proyectos que se reportan es de 124 en los que se cuenta con el área de colectores instalada, la cual se utilizó como base para las evaluaciones.

Para tal efecto se establecieron los siguientes criterios.

- a) Para los proyectos desarrollados por empresas, se partió de la cantidad de superficie instalada en cada proyecto, dado que es una variable reportada en todos éstos.

En virtud de que los sistemas están ubicados en el DF, se tomó el nivel de radiación anual promedio en esta zona, que la misma norma reporta es de 18.841 MJ/m<sup>2</sup> día, equivalente a 5.23 kWh/m<sup>2</sup> día (ligeramente superior a la media nacional de 5.0 kWh/m<sup>2</sup> día).

Se contemplaron tanto la eficiencia del captador solar como la del resto del sistema, mismas que se determinaron a partir de los porcentajes reportados por las empresas, bajo una consideración cautelosa y tomando como referencia los valores de la Gráfica 4; así, se definieron en 50% y 90% respectivamente. Puede apreciarse que, para el primer caso, ésta proporción es muy conservadora, pues de acuerdo al diagrama, para un diferencial de temperatura (entre el agua de alimentación y el agua caliente de uso), que se sabe no supera los 40°C, un promedio de las curvas de desempeño de los tres tipos de equipos arrojan una cifra de 70%.

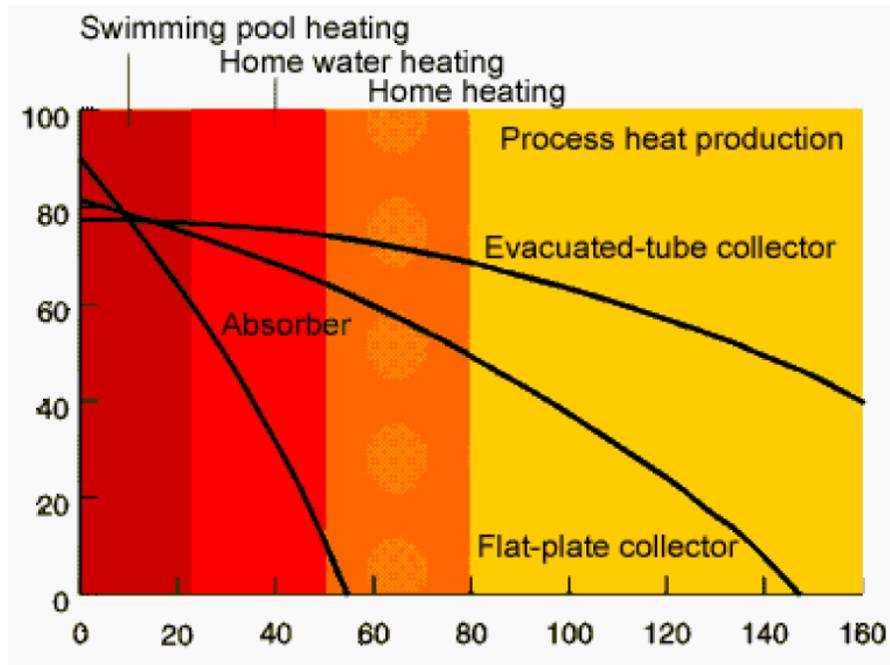
En todos los casos el combustible que se sustituyó fue el gas LP. Y para estimar las emisiones evitadas en el período de análisis, se proyectó al 2014 el monto logrado a partir del año de instalación. Lo anterior se expresa en la siguiente ecuación:

$$GEI = (S * R * FE * 365 * \eta_1 * \eta_2) / 10^6$$

Donde:

- GEI: gases evitados en: t-CO<sub>2</sub>eq/año
- S: superficie total instalada de colectores: m<sup>2</sup>
- R: radiación anual promedio en el DF: 18.841 MJ/m<sup>2</sup>-día
- FE: factor de emisión del gas LP: 63.1 t-CO<sub>2</sub>eq/TJ
- 365: días/año
- η<sub>1</sub>: eficiencia del colector: 50%
- η<sub>2</sub>: eficiencia del sistema: 90%

**Gráfica 9. Variación de la eficiencia en distintos tipos de colectores, en función de la diferencia de temperatura del agua entre la salida y la entrada del colector**



Fuente. Placco Cora, Luis Saravia y Carlos Cadena. **Colectores solares para agua caliente**. INENCO (Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional), UNSa (Universidad Nacional de Salta) – CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Salta, Argentina. 2011. [www.inenco.net. http://inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores\\_solares\\_aguacaliente.pdf](http://inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf).

Una vez obtenidos los parámetros anteriores se calcularon las emisiones evitadas en ton CO<sub>2</sub>, considerando el factor de emisión mencionado en el inciso anterior.

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)



**USAID** | **MÉXICO**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA