CALOR SOLAR
PARA PROCESOS INDUSTRIALES

Estudio de potencial en la industria de conservas alimenticias en México

Canainca

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

La Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias (CANAINCA) agradecen a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento, así como a las empresas que apoyaron para la recopilación de información. La colaboración de la GIZ se realizó en el marco del Programa “Energía Solar a Gran Escala en México” (DKTI Solar), el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor y los colaboradores y no necesariamente representan la opinión de la CANAINCA, BMZ y/o de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Calor solar para procesos industriales: estudio de potencial en la industria de conservas alimenticias en México

Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias
Leibnitz No. 206, Col. Anzures, Alcaldía Miguel Hidalgo
C.P. 11590, Ciudad de México, México
https://www.canainca.org.mx/

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
(GIZ) GmbH
Oficina de Representación de la GIZ en México
Av. Insurgentes Sur No. 826 - PH
Col. Del Valle, Alcaldía Benito Juárez
C.P. 03100, Ciudad de México, México
www.giz.de/mexico

Edición y Supervisión:
Hermilio Ortega, Diana Rebollar (GIZ)
Estephani Paniagua (CANAINCA)

Autores:
Ignacio Sánchez, Rubén Torres (Consultoría YSTE, S.A de C.V.)

Diseño:
SK3 Estudio Creactivo

Ciudad de México, abril de 2020

CALOR SOLAR
PARA PROCESOS INDUSTRIALES

Estudio de potencial
en la industria de
conservas alimenticias en México

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 8

1. Introducción: Consumo final de energía 11

1.1 Contexto internacional 11

1.2 Contexto nacional 12

1.3 Energía en la Industria alimentaria 14

1.4 Tecnologías 18

2 Energía renovable y mercado de tecnología solar térmica 21

2.1 Mercado de colectores solares de agua en el mundo 21

2.2 Plantas existentes de calor solar para procesos industriales (SHIP) a nivel mundial 23

2.3 Plantas existentes SHIP en México 24

2.4 Potencial de aprovechamiento de calor solar en México 28

2.5 Opciones de integración en una planta industrial 29

3. Precios de energía para generación de calor en México y modelos de negocio para el calor solar 31

3.1 Precios de energía fósil para generación de calor en México Precios de energía 31

3.2 Costo nivelado de calor (LCOH) 32

3.3 Modelos de negocio para calor solar 33

4. Resultado de la encuesta a asociados de Canainca 35

a) Operación a nual 35

b) sustentabilidad 35

c) Consumos de energía 35

d) Combustibles fósiles utilizados para la generacion de calor 36

e) Costo de la energía (electricidad y combustibles fósiles) 36

f) Relevancia de los energéticos respecto a los costos totales de producción 36

g) Equipos para la generación de calor 36

h) Procesos industriales que requieren calor 37

i) Temperatura de los procesos 37

5. Recomendaciones para las plantas industriales del sector 38

5.1 Oportunidades identificadas para mejorar la eficiencia energética 38

5.2 Consideraciones para la integración de la tecnología solar 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Rentabilidad económica esperada de la tecnología solar vs combustible	9
Figura 2.	Esquema de integración de un campo solar	9
Fugura 3.	Puntos de integración de la tecnología solar en el proceso	10
Figura 4.	Rangos de temperatura de suministro de calor en la industria alimentaria en México.	16
Figura 5.	Distribución geográfica de la demanda de energía de la industria alimentaria en México.	17
Figura 6.	Tecnologías termo-solares y rangos de temperaturas de operación.	18
Figura 7.	Tecnología solar aplicable por temperatura a procesos industriales.	20
Figura 8.	Mapa de plantas SHIP instaladas en el mundo.	23
Figura 9.	Mapa de plantas SHIP instaladas en México.	23
Figura 10.	Potencial de aprovechamiento de calor solar en México	24
Figura 11.	Recurso Solar, PSM Irradiación Global Horizontal.	28
Figura 12.	Recurso Solar, PSM Irradiación Directa Normal	29
Figura 13.	Esquema integración de precalentamiento	29
Figura 14.	Esquema de integración cerrado	30
Figura 15.	Esquema de integración directo	30
Figura 16.	Modelo de negocio – Venta	33
Figura 17.	Modelo de negocio – Arrendamiento	34
Figura 18.	Modelo de negocio – ESCO	34
Figura 19.	Puntos posibles de integración de la tecnología termo solar en los procesos	39
Figura 20.	Rentabilidad de la tecnología termo solar de acuerdo con el combustible a sustituir	39
Figura 21.	Impulsores para la expansión de energía solar térmica en México	41

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Costo de los energéticos	8
Gráfica 2.	Temperaturas de proceso en el sector de conservas alimenticias	9
Gráfica 3.	Flujo de efectivo de un proyecto termo – solar	10
Gráfica 4.	Energía renovable en el consumo final total de energía por sector, 2016	11
Gráfica 5.	Consumo final de energía en México	12
Gráfica 6.	Evolución de consumo de energía para generación de calor en México 2010 _ 2017 en sectores seleccionados	12
Gráfica 7.	Distribución del consumo de calor en México por tipo de fuente energética 2010 – 2017	13
Gráfica 8.	Comparativa de consumo de energía para generación de calor por tipo de fuente en sectores seleccionados.	13
Gráfica 9.	Consumo final de energía para calor en la industria en México en 2016.	14
Gráfica 10.	Comparación de demanda de calor y frío en diferentes industrias en México.	16
Gráfica 11.	Distribución general de la demanda de energía de la industria alimentaria en México.	16

Gráfica 12. Demanda de calor de la industria alimentaria por estado del país. 17
Gráfica 13. Capacidad instalada de energías renovables en el mundo por tipo de tecnología (GW).w 21
Gráfica 14. Capacidad instalada de tecnologías solares en el mundo. 21
Gráfica 15. Colectores solares de agua instalados, 20 países con mayor capacidad adicionada en 2018. 22
Gráfica 16. Superficie instalada de plantas SHIP en México, por estado del país. 25
Gráfica 17. Gráfica 17. Superficie instalada de plantas SHIP en México, por tipo de colector (m_2) 25
Gráfica 18. Comportamiento mensual del precio de combustibles en México y precios de referencia internacional (pesos/Gigajoule). 31
Gráfica 19. Precio promedio de energéticos en México (periodo nov.2018 - oct.2019) 32
Gráfica 20. Comparativa del costo nivelado de energía 33
Gráfica 21. Porcentaje respecto al consumo total de energía en la planta (kWheléctricos y kWhtérmicos) 35
Gráfica 22. Estructura en el uso de combustibles fósiles 36
Gráfica 23. Costo de energéticos 36
Gráfica 24. Estructura en el uso de combustibles fósiles 36
Gráfica 25. Equipos utilizados para la generación de calor 36
Gráfica 26. Distribución del consumo de calor en diferentes procesos 37
Gráfica 27. Temperaturas utilizadas en los procesos. 37
Gráfica 28. Flujo de efectivo de un proyecto termo solar 39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Demanda de energía en sectores seleccionados 14
Tabla 2. Criterios para la clasificación del tamaño de empresa asociada a la CANAINCA 18
Tabla 3. Metodología 18
Tabla 4. Proyectos SHIP en el mundo 23
Tabla 5. Proyectos de calor solar en México 25
Tabla 6. Modelos de negocio para adquirir calor solar 33
Tabla 7. Principales clientes para los 3 modelos de negocio 34

LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

BMZ	Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo
CANAINCA	Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias
CF	Cooperación Financiera
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CIP	Limpieza en sitio (Clean in Place)
CO2 eq	Dióxido de carbono equivalente
CSP	Concentrated solar power
DE	Diagnóstico energético
DKTI Solar	Programa Energía Solar a Gran Escala en México
EE	Eficiencia energética
GEI	Gases efecto invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GJ	Gigajoule
GN	Gas Natural
KfW	Banco de desarrollo alemán
kg	kilogramo
kJ	Kilojoule
KPI	Indicadores de desempeño energético (abreviatura del término inglés Key Performance Indicator)
kWh	Kilowatt-hora eléctrico
kWht	kilowatt-hora térmico
l	litros
LCOH	Costo nivelado de la energía (Levelized Cost of Heat)
MAE	Medidas de ahorro de energía
MXN$	Pesos mexicanos
N/D	No disponible
°C	Grado centígrado
PCI	Poder calorífico inferior
PSRI	Período simple de recuperación de la inversión
SHIP	Solar Heat for Industrial Processes

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe es el resultado del estudio de potencial estadístico/técnico para el aprovechamiento del calor solar de proceso dentro del sector representado por la Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias (CANAINCA) y sus socios.

Dicho estudio forma parte de las actividades del Programa Energía Solar a Gran Escala en México (DKTI Solar) en colaboración con la CANAINCA a través de la Comisión de Medio Ambiente, Seguridad e Higiene, con el objetivo de impulsar el aprovechamiento del calor solar en la industria de las conservas alimenticias, otorgando información sobre el contexto del mercado del calor solar en México como en el mundo, sobre las tecnologías, aspectos financieros, de modelos de negocio y sobre todo la adecuación de proyectos a los procesos industriales típicos de esta industria.

La CANAINCA agrupa y representa a las empresas que en México se dedican a la producción y empaque de alimentos procesados. Cuenta con alrededor de 40 socios que representan un total de 81 plantas industriales, por lo que hay un potencial importante para replicar buenas prácticas en términos de eficiencia energética e innovación tecnológica como el calor solar de proceso.

La metodología de dicho estudio consideró:

a) La recolección de información preliminar a través de un cuestionario,

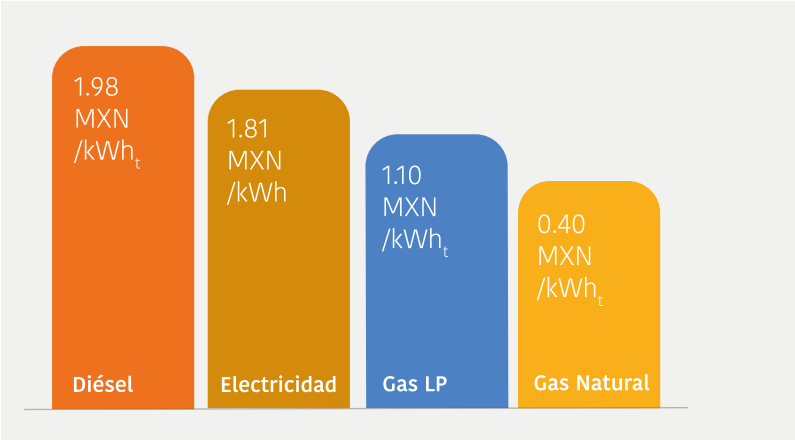
b) Una visita técnica a instalaciones de tres plantas para realizar un análisis energético de equipos y procesos que requieren calor, a fin de identificar áreas de oportunidad para mejorar la eficiencia energética, así como la prefactibilidad de integración de un sistema de aprovechamiento de calor solar en la planta, y

c) una investigación de escritorio para llegar a estimaciones de potencial de aprovechamiento de la tecnología en el sector.

Algunos de los resultados obtenidos son los siguientes.

Basados en los datos obtenidos se encontró que el mayor consumo energético en las plantas lo representan los combustibles fósiles (55%) y el resto es energía eléctrica (45%). Sin embargo, en términos de facturación (MXN$/año), los datos apuntan a que se paga más por la electricidad, ya que el costo por unidad de energía en comparación con los combustibles fósiles empleados para generación de calor (gas natural, gas LP, entre otros) es mayor como se puede apreciar en la Gráfica [1].

Gráfica 1. Costo de los energéticos



Fuente. Elaboración propia.

Se estima que los energéticos representan hasta un 13% del costo total de producción.

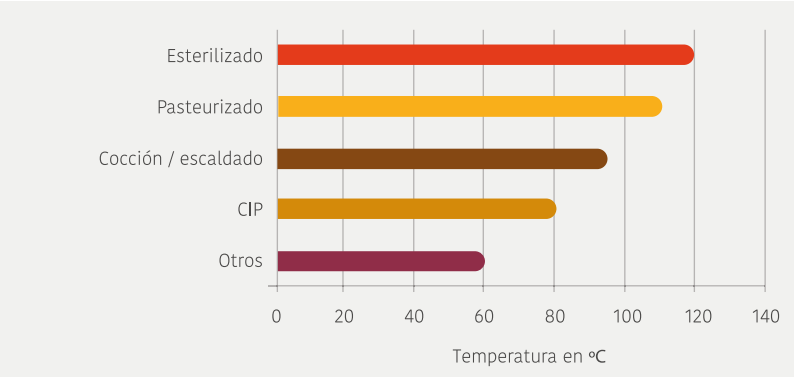
La mayor parte de las empresas del sector utilizan vapor como medio de fluido de trabajo para sus procesos de calor y utilizan calderas cuya presión de operación se ubica entre 7-9 kg/cm2, es decir, con temperaturas de 170 °C a 180 °C.

Por otra parte, las temperaturas de proceso no son tan altas, alcanzando valores máximos de 120 °C siendo estos los procesos de esterilización y pasteurización, seguido de proceso de cocción/escaldado a una temperatura cercana a la ebullición del agua 93 °C, posteriormente procesos de limpieza en sitio (CIP, por sus siglas en inglés) con rangos de temperatura de 45 °C a 80 °C y finalmente algunos otros usos hasta 60 °C (para fundir materia prima, aire caliente, etc.) tal y como se observa en la Gráfica 2.

Todas estas temperaturas son fácilmente alcanzadas con tecnología de calor solar, por lo que se concluye que los procesos de la industria de conservas alimenticias pueden aprovechar tecnologías menos contaminantes para su operación que las utilizadas hasta ahora.

1. Iniciativa Alemana de Tecnología Climática (DKTI por sus siglas en alemán, Deutsche Klimatechnologieinitiative).

Gráfica 2.
Temperaturas de proceso en el sector de conservas alimenticias.

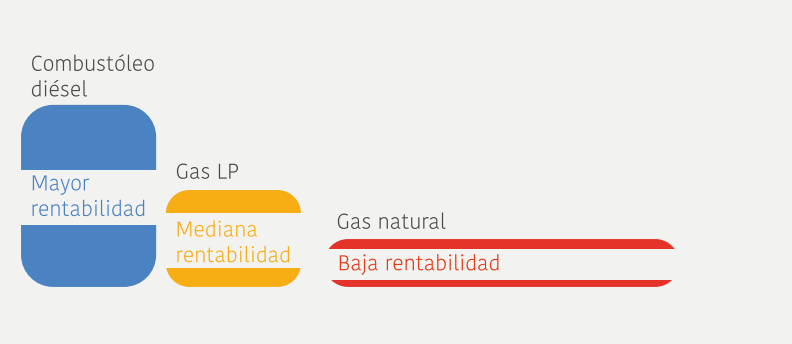


Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con el estudio, las empresas consideran factible la integración de la tecnología solar térmica en sus procesos industriales, siempre y cuando se analicen los siguientes factores:

- **Condiciones climatológicas:** México tiene una situación geográfica privilegiada para el aprovechamiento del recurso solar y las condiciones climatológicas, como vientos, tormentas etc., deberán considerarse al momento de licitar un proyecto para que se tomen en cuenta en el diseño del sistema.
- **Espacios apropiados para colocar colectores solares:** contar con espacio físico libre de sombras y aprovecharlo para la cobertura que alcance a cubrir un sistema solar térmico con ese espacio.
- **Condiciones salinas / corrosivas:** identificar el ambiente al que se someterá la tecnología, a fin de prever deterioros severos y que no se vea comprometida la vida útil que usualmente ofrecen los fabricantes que es de 15-20 años.
- **Conocimiento de la tecnología:** asegurar que se tenga personal en las plantas industriales que conoce la tecnología solar, desde colectores del tipo caja plana y tubos al vacío; incluso concentradores parabólicos y otras tecnologías ya empleadas en el mercado.
- **Retornos de inversión:** analizar si es posible implementar un proyecto de este tipo en las plantas industriales tomando en cuenta no solo retornos de inversión (que por el estado emergente del mercado pueden ser superiores a 4 años) sino también otros elementos de rentabilidad de los proyectos solares, por ejemplo, los beneficios como la reducción de emisiones de contaminantes asociados al proceso industrial.
- **Precios de los energéticos:** aquellas instalaciones que consuman diésel o combustóleo tienen situaciones favorecedoras para la rentabilidad de proyectos de calor solar, ya que son combustibles más caros. El precio de los energéticos a sustituir juega un rol importante, en zonas donde se consume gas natural barato se verá una rentabilidad menor para un proyecto de calor solar que en una planta que consuma Gas LP, por ejemplo.
- **Modelos de negocio y financiamiento:** más allá del financiamiento propio para la implementación de proyectos, es también recomendable que se conozcan otros esquemas como arrendamiento (financiero y puro), así como modelos de negocio de compra/venta de energía que abren posibilidades a más empresas que no cuenten con los recursos necesarios para la inversión.

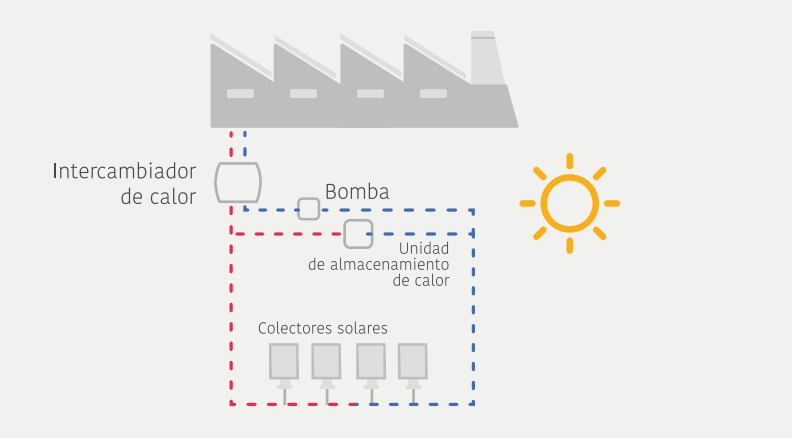
Figura 1. Rentabilidad económica esperada de la tecnología solar vs. combustible empleado.



Fuente. Elaboración propia

Otro factor que se analizó es cómo se integraría un proyecto de calor solar al proceso actual en una planta. Se detectó de forma inicial puntos de integración a Nivel Suministro, para el precalentamiento del agua de reposición para calderas, así como el precalentamiento de circuitos de recirculación de agua caliente que se utiliza como fluido de trabajo en circuitos indirectos para calentamiento de procesos (ver Figura 3).

Figura 2. Esquema de integración de un campo solar.



Fuente: Solar Payback 2018.

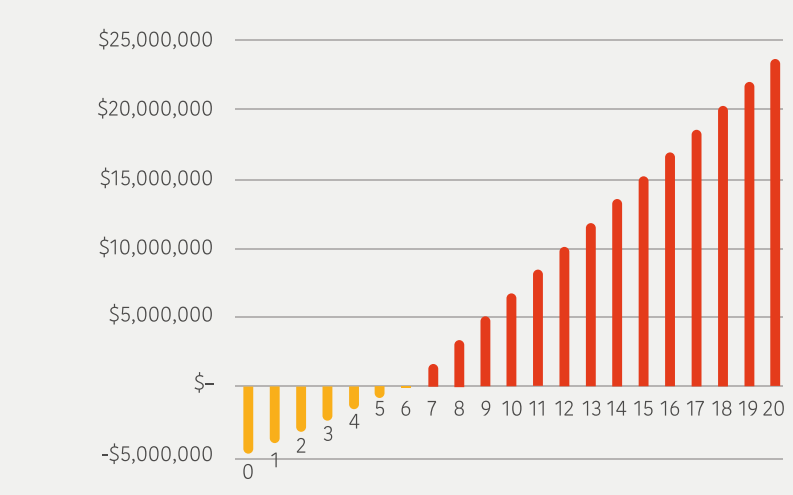
Por su parte, la integración a Nivel Proceso se centra en aquellos referidos procesos donde la inocuidad no juega un papel crítico, como procesos donde se utiliza agua cruda (CIP, procesos de cocimiento, o algunos otros). El punto de integración entonces puede ser distinto en cada caso de acuerdo con sus procesos y necesidades de cada planta.

Figura 3. Puntos de integración de la tecnología solar en el proceso.

Fuente. Elaboración propia

Finalmente se recomienda analizar los proyectos de calor solar a lo largo del ciclo de vida de la tecnología, es decir mostrando gráficamente los beneficios que se obtendrán por la implementación del proyecto que no requiere de combustibles para funcionar contra un escenario sin innovación tecnológica. Ver el flujo de efectivo a lo largo del ciclo de vida de un proyecto en la Gráfica 3.

Gráfica 3. Flujo de efectivo de un proyecto termo solar



Fuente. Elaboración propia

Para estimar con mayor alcance el potencial en términos de reducción de consumo de combustible en el sector de conservas alimenticias, sería necesario contar con datos como el consumo anual por tipo de combustible de una muestra significativa del sector. Sin embargo, el primer paso en el camino para aprovechar el calor solar de proceso es reconocer la existencia de la tecnología, el estatus del mercado en México y las oportunidades que ofrece a los procesos.

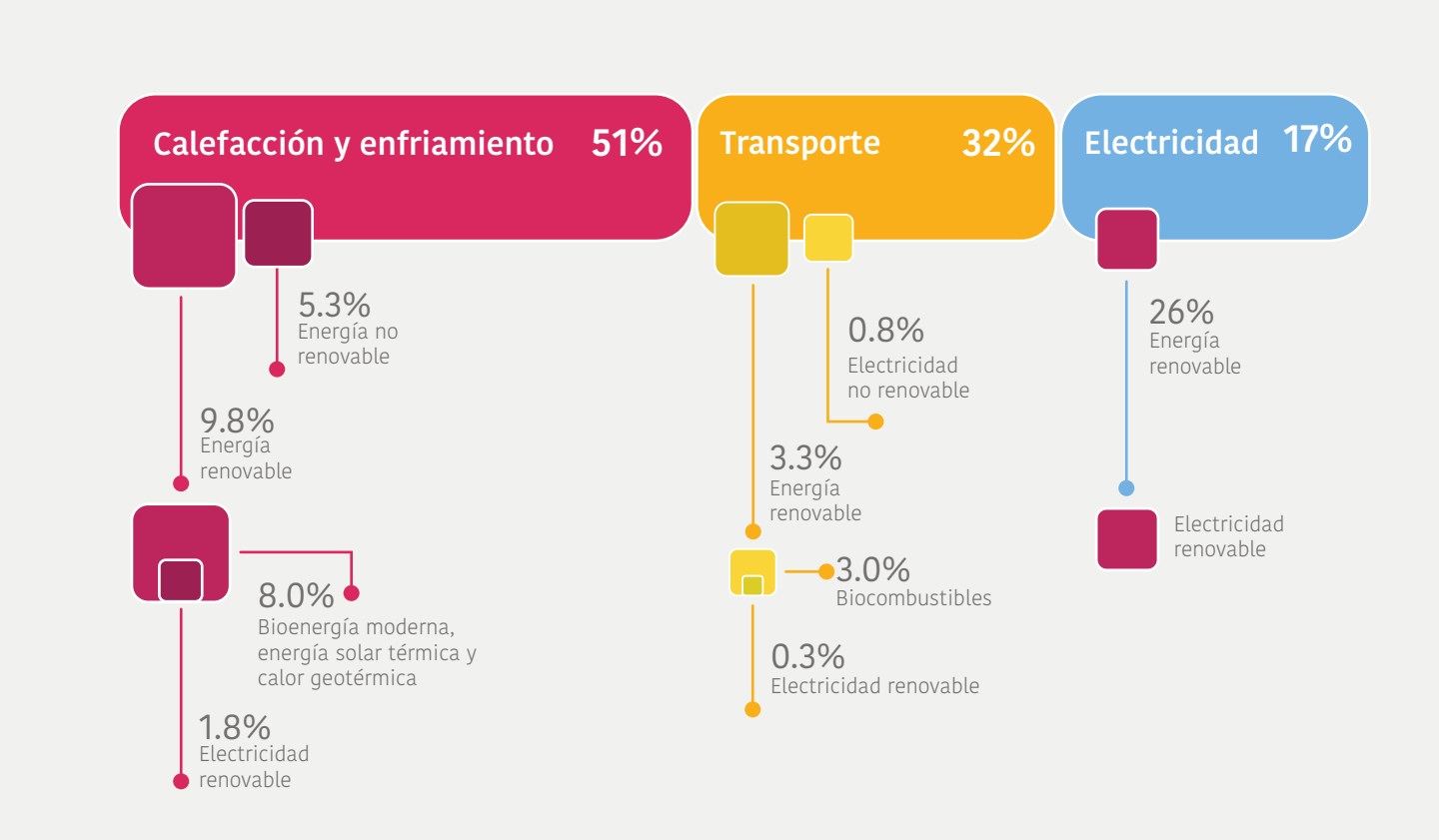
INTRODUCCIÓN
CONSUMO FINAL DE ENERGÍA

1.1 CONTEXTO INTERNACIONAL

La energía requerida para calentamiento y refrigeración representa el 51% del consumo total final de energía en el mundo, siendo este una de las principales fuentes de emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) seguida del sector transporte y en tercer lugar la generación de electricidad. Dicho consumo de energía se divide casi por partes iguales entre el calor para procesos industriales y el calor para edificaciones.

El consumo de calor sigue estando fuertemente basado en combustibles fósiles. Solo el 9.8% del calor utilizado en todo el mundo en 2016 se produjo a partir de energías renovables modernas, incluida la electricidad generada de forma renovable. Sin embargo, cada vez se valora más el papel que las energías renovables pueden desempeñar en la generación de energía no solo eléctrica, sino también para aplicaciones de calor e incluso refrigeración.

Gráfica 4. Energía renovable en el consumo final total de energía por sector, 2016.

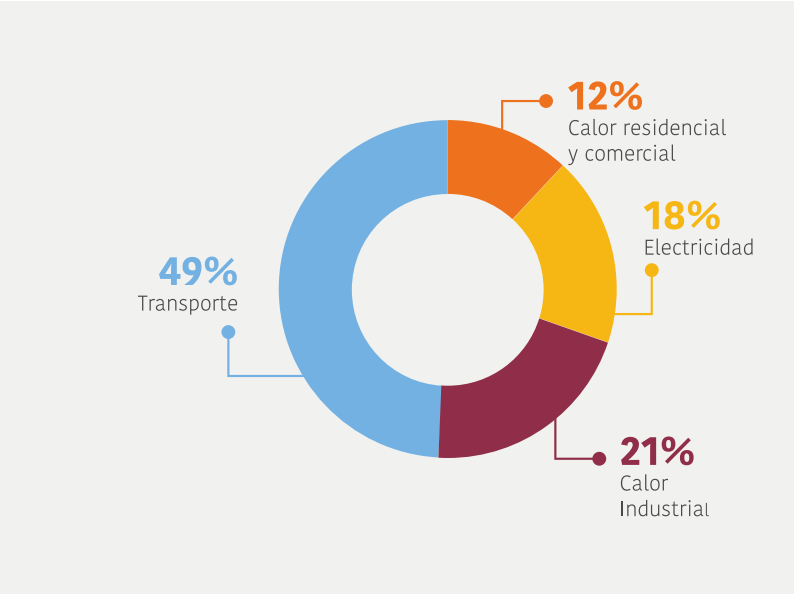


Fuente: Renewables 2019 Global Status Report, REN21.

1.2 CONTEXTO NACIONAL

En México, la situación es similar que en el resto mundo, ya que el uso de energía en forma de calor representa alrededor del 33% del consumo final de energía en todo el país; así como una contribución importante a las emisiones de GEI por parte de México.

Gráfica 5. Consumo final de energía en México.



Fuente: Iniciativa Calor Solar, elaborado con información de (SENER, 2018).

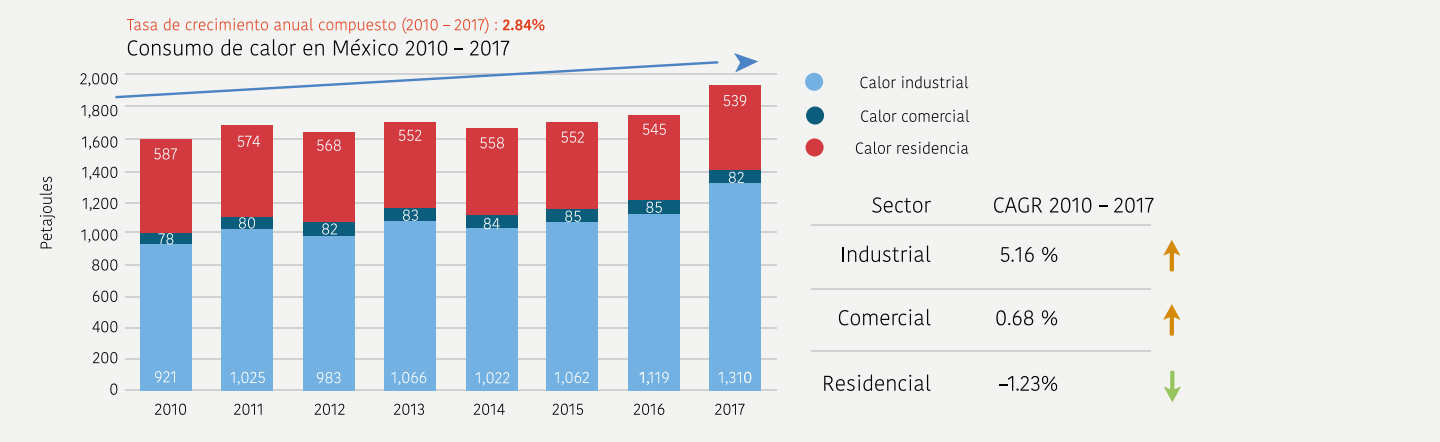
Fuente: Solar Payback.

- Consumo final energético total (año 2017) en México: 5,362.817 petajoules.
- Sector térmico representa 1/3 del consumo final de energía en México

Durante los últimos 8 años el consumo de energía para la generación de calor ha crecido a un ritmo de 2.84% anual (Grafica 6), esto impulsado principalmente por el crecimiento en el sector industrial.

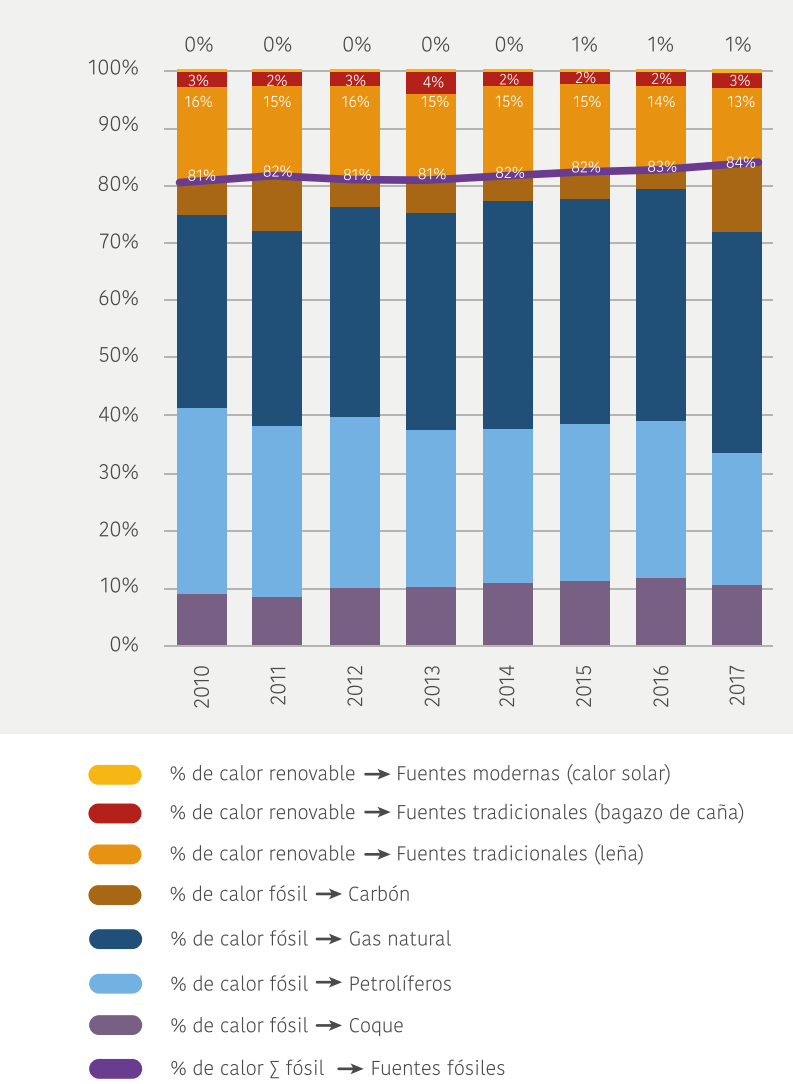
La generación de calor a partir de fuentes renovables de energía en el país se lleva a cabo principalmente por el uso de biomasa tradicional (quema de leña) en el sector residencial y una menor participación del uso de bagazo de caña en el sector industrial. El aprovechamiento de tecnologías de energía solar para generación de calor ha aumentado su volumen de participación de 2 petajoules en el año 2010 a 10 petajoules en el año 2017, impulsadas por las políticas de apoyo a la vivienda de interés social más eficientes energéticamente fomentando el uso de calentadores solares de agua.

Gráfica 6. Evolución del consumo de energía para generación de calor en México 2010-2017 en sectores seleccionados.



Fuente: Elaboración propia con información del Balance Nacional de Energía, SENER.

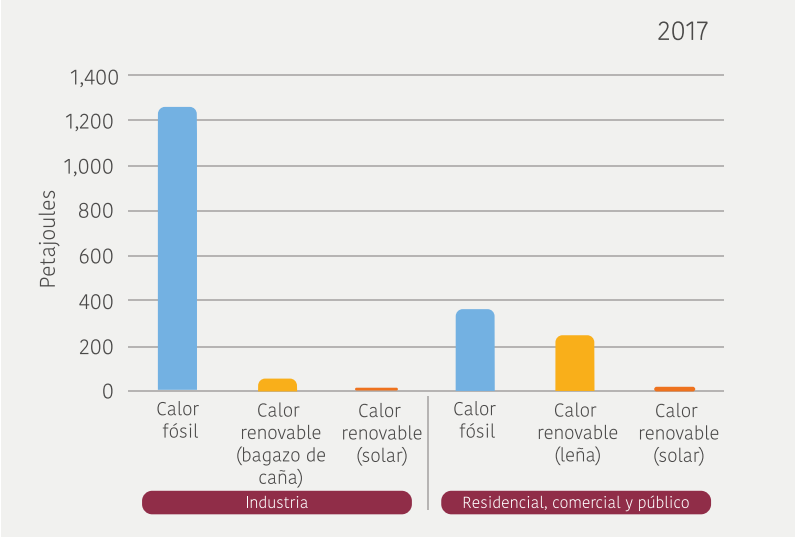
Gráfica 7. Distribución del consumo de calor en México por tipo de fuente energética 2010-2017.



Fuente: elaboración propia con información del Balance Nacional de Energía 2017, SENER.

- El suministro de calor renovable representa 17% respecto al total de calor generado en los diferentes sectores, domnado fuertemente por el consumo de biomasa tradicional (quema de leña).
- El calor solar solo representa el 1% en el sector residencial, a pesar del gran potencial nacional.

Gráfica 8. Comparativa de consumo de energía para generación de calor por tipo de fuente en sectores seleccionados.



Fuente: elaboración propia con información del Balance Nacional de Energía 2017, SENER.

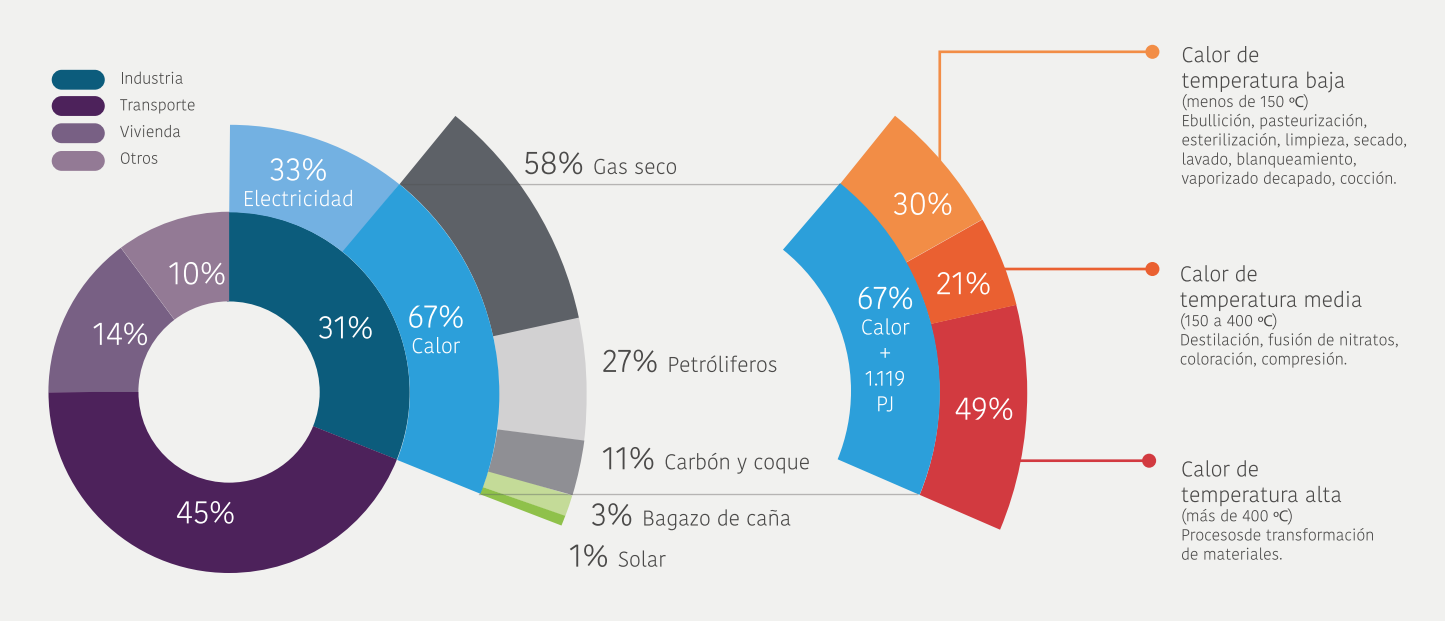
El suministro de energía en el sector industrial es dominado fuertemente para satisfacer las necesidades de generación de calor y la participación de fuentes renovables es relativamente pequeña hasta ahora.

Suministro de calor renovable:

- Ha sido dominado principalmente por la biomasa tradicional (leña).
- Calor solar aumenta su volumen de participación de 2 petajoules (año 2000) a 10 petajoules (año 2017).

De acuerdo con el programa Solar Payback el 67% de la energía usada en la industria es en forma de calor, de la cual la mitad es empleada para procesos de baja (hasta 150 °C) y media (150 a 400 °C) temperatura.

Gráfica 9. Consumo final de energía para calor en la industria en México en 2016.



Fuente: Solar Payback, elaborado con datos de SENER y (Saygin D., 2014).

1.3 ENERGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

De manera estimativa y con base en la información contenida en la herramienta Mapa de Calor de México, es posible caracterizar la demanda de energía en general y la demanda térmica en particular en el sector de la industria alimentaria en México. El Mapa de Calor de México es una herramienta que tiene por objetivo principal facilitar el análisis del potencial de abastecimiento térmico de industrias y grandes consumidores terciaros mediante soluciones eficientes basadas en cogeneración, calor residual y energías renovables (biomasa, biogás, solar térmica y geotérmica).

Con base en la información contenida en la Tabla 1, es posible apreciar que en general la industria tiene mayores requerimientos de energía en forma de calor y electricidad. En contraste, en la industria alimenticia los requerimientos energéticos además de energía en forma de calor y electricidad, las necesidades de suministro de frío para la conservación de materias primas y productos procesados resulta relevante (ver Grafica 10).

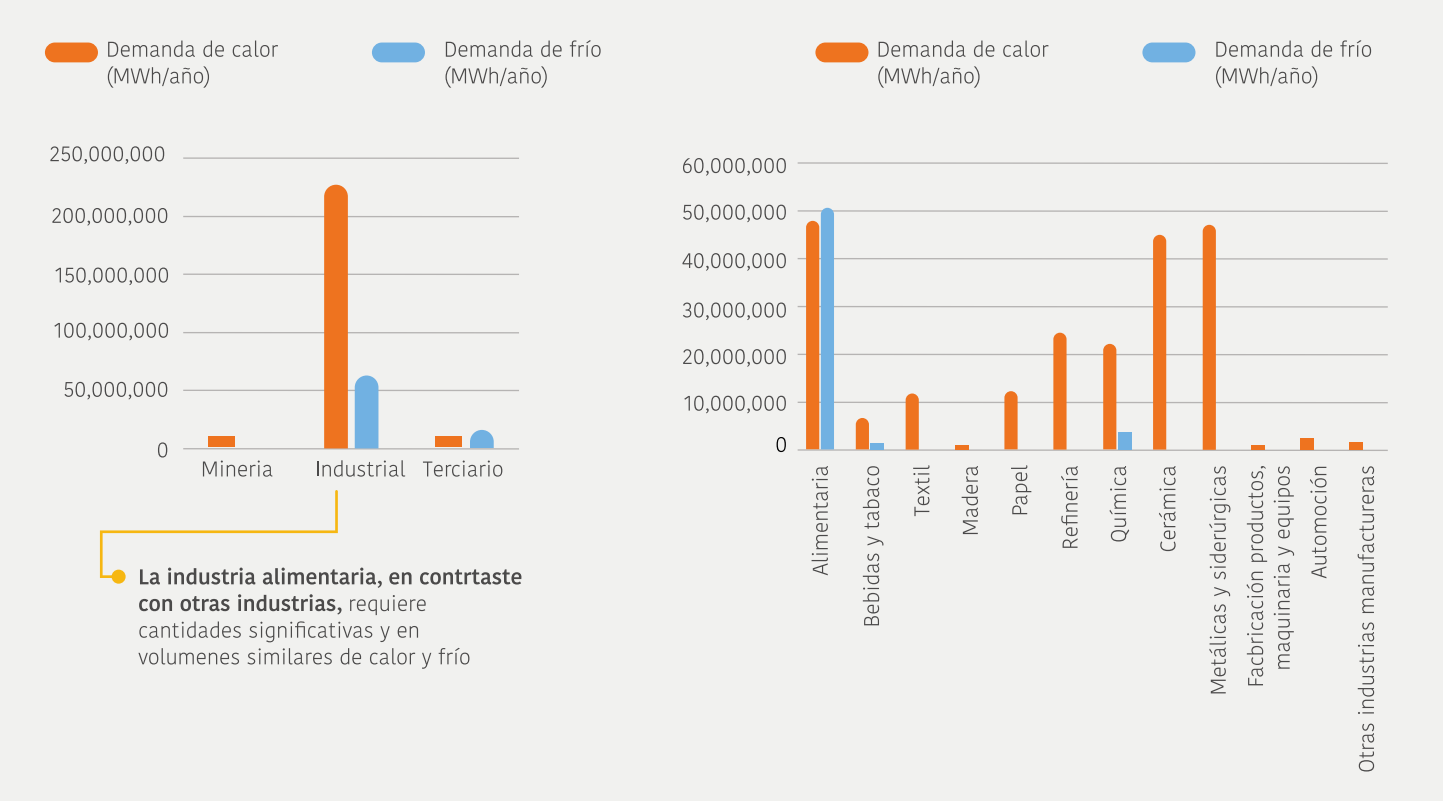
Tabla 1. Demanda de energía en sectores seleccionados

Sector	Demanda de calor (MWh/año)	Demanda de frío (MWh/año)	Demanda eléctrica (MWh/año)	Demanda total de energía (MWh/año)
Minería	**4,156,000**	**0**	**1,185,000**	**5,341,000**
Industrial	**224,000,000**	**55,580,000**	**120,000,000**	**399,580,000**
Alimentaria	48,140,000	50,690,000	42,040,000	140,870,000
Bebidas y tabaco	6,702,000	1,326,000	7,174,000	15,202,000
Textil	11,700,000	0	7,254,000	18,954,000
Madera	1,165,000	0	575,100	1,740,100
Papel	12,110,000	0	3,337,000	15,447,000
Refinería	24,610,000	0	2,188,000	26,798,000

Química	22,130,000	3,562,000	14,180,000	39,872000
Cerámica	45,100,000		6,510,000	51,610,000
Metálicas y siderúrgicas	47,110,000	0	33,340,000	80,450,000
Fabricación productos, maquinaria y equipos	1,058,000	0	720,600	1,1778,600
Automoción	2,382,000	0	1,622,000	4,004,000
Otras industrias manufactureras	1,776,000	0	1,031,000	2,807,000
Terciario	**3,516,000**	**6,749,00**	**5,921,000**	**16,186,000**
Aeropuertos	150,900	1,044,000	312,800	1,507,700
Servicios educativos	601,800	943,100	1,025,000	2,569,900
Servicios médicos de consulta externa	77,170	131,200	137,500	345,870
Hospitales	1,187,000	2,291,000	2,259,000	5,737,000
Asistencia social	6,823	12,720	12,750	32,293
Centros de acondicionamiento físico	193,600	265,000	204,900	663,500
Servicio de alojamiento temporal	1,281,000	2,062,000	1,963,000	5,306,000
Lavanderías y tintorerías	17,290	0	6,343	23,633
TOTAL	**231,700,000**	**62,320,000**	**127,100,000**	**421,120,000**

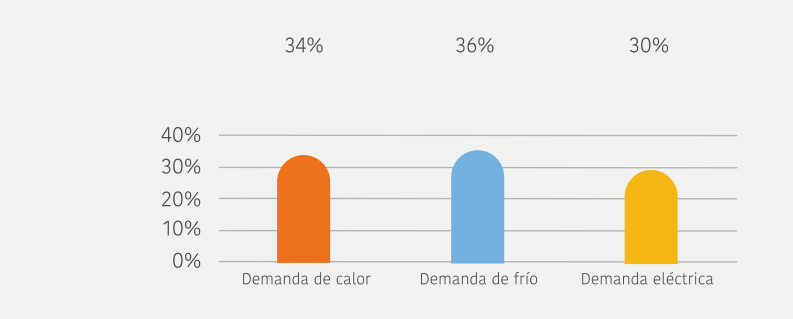
Fuente: Mapa de Calor de México (http://www.mapadecalor.mx/)

Gráfica 10. Comparación de demanda de calor y frío en diferentes industrias en México.



Fuente: elaborado a partir de información del Mapa de Calor de México (http://www.mapadecalor.mx/)

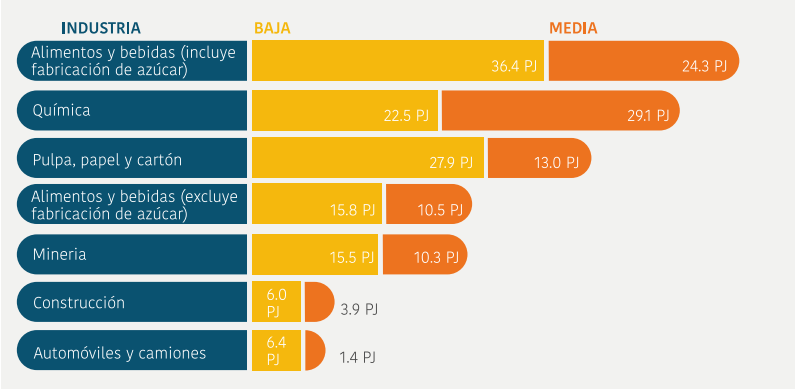
Gráfica 11. Distribución general de la demanda de energía de la industria alimentaria en México.



Fuente. elaborado a partir de información del Mapa de Calor de México (http://www.mapadecalor.mx/)

En el caso concreto de la demanda de calor en la industria de alimentos y bebidas, de acuerdo con estimaciones realizadas por el estudio "Calor Solar para la Industria: México" publicado por Solar Payback 2018, el 60% del calor requerido se encuentra en el rango de baja temperatura (menor a 150° C) y restante 40% del calor es requerido media temperatura (de 150 hasta 400° C).

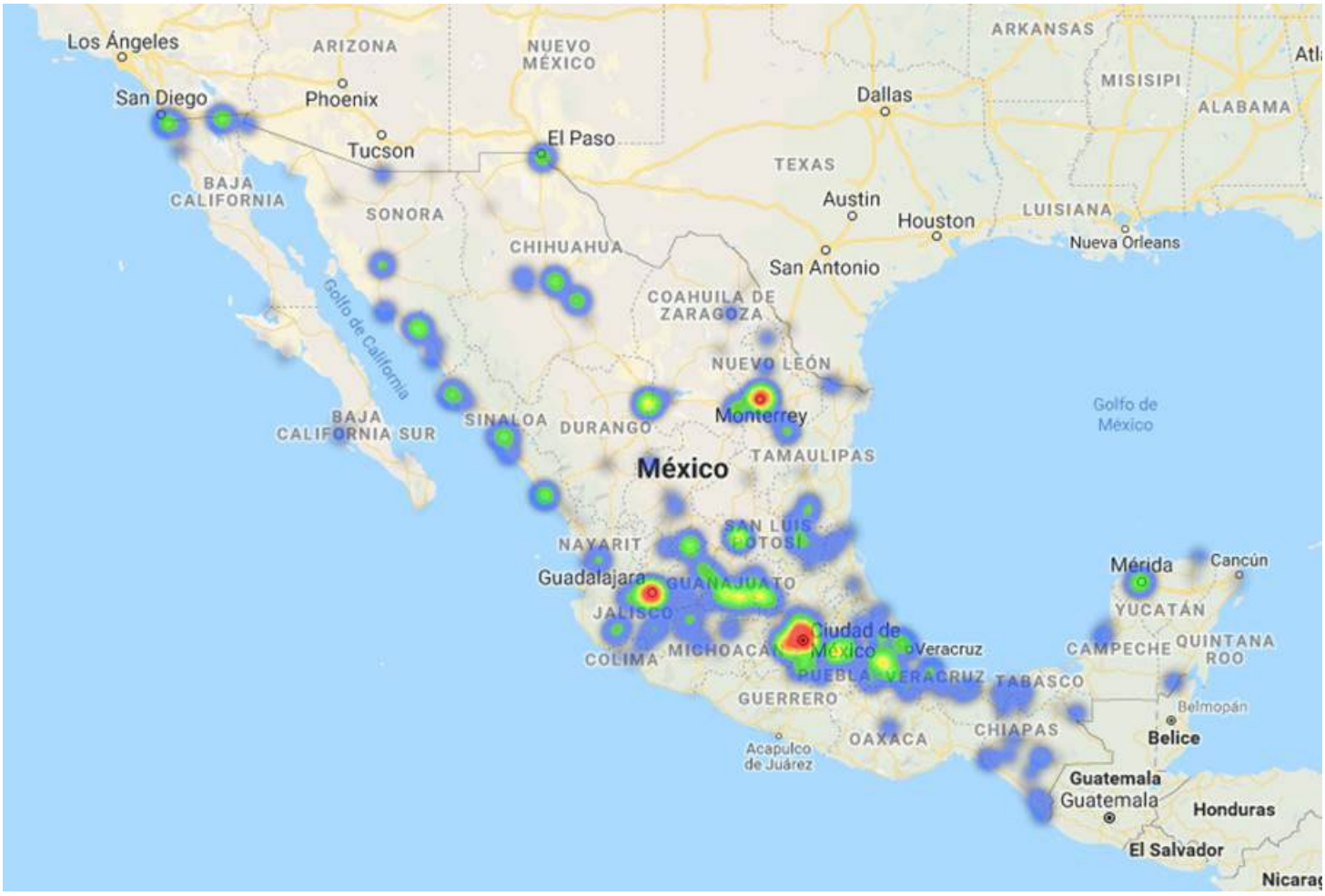
Figura 4. Rangos de temperatura de suministro de calor en la industria alimentaria en México.



Fuente: Solar Payback con datos de SENER 2016 y Saygin 2014.

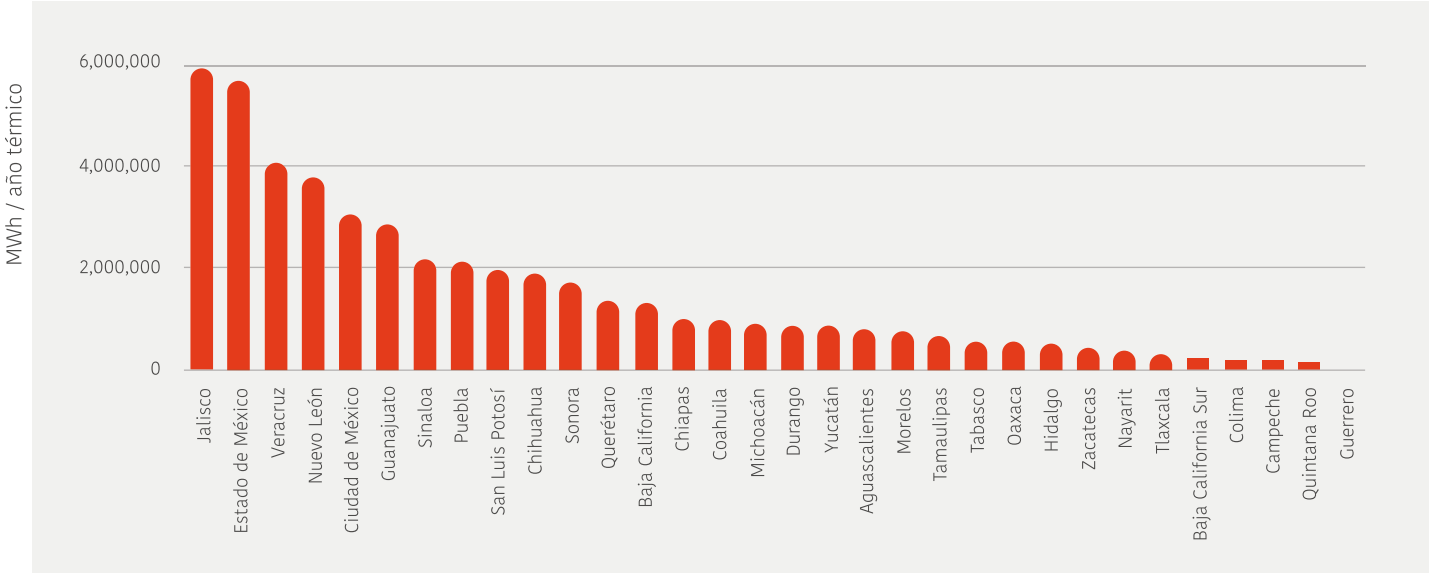
En términos geográficos, la demanda de energía en forma de calor en la industria de alimentos se concentra en mayor medida en estados como Jalisco, Estado de México, Veracruz, Nuevo León, Ciudad de México, Guanajuato, Sinaloa y Puebla. No obstante, de acuerdo con la información reportada en el Mapa de Calor de México, la industria de alimentos tiene presencia en menor medidas en todos los estados del país, en términos de volumen de calor de proceso requerido para sus operaciones (ver Figura 5 y Grafica 12).

Figura 5. Distribución geográfica de la demanda de energía de la industria alimentaria en México.



Fuente: Mapa de Calor de México (http://www.mapadecalor.mx/)

Gráfica 12. Demanda de calor de la industria alimentaria por estado del país.



Fuente: Elaborado a partir de información del Mapa de Calor de México (http://www.mapadecalor.mx/)

La CANAINCA opera desde julio de 1985, agrupa y representa a las empresas que en México se dedican a la producción de alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados y cuenta con alrededor de 40 socios, los cuales operan 81 plantas industriales en el país.

El sector de Conservas Alimenticias juega un rol muy importante ya que, al ser productos con una larga vida de anaquel, cuentan con diferentes sistemas de inocuidad alimentaria que aseguran productos de calidad a través del paso del tiempo y esto gracias a las diversas tecnologías de conservación para llevar alimentos del campo a la mesa de los consumidores.

La CANAINCA cuenta con nueve comisiones de trabajo dentro de las cuales se encuentra la Comisión de Medio Ambiente, Seguridad e Higiene, que busca participar en la toma de decisiones y acciones en materia de Medio Ambiente, Seguridad e Higiene del país, así como conocer la regulación aplicable en este sector para crear alianzas con instituciones que promuevan el desarrollo sostenible de la Industria.

De acuerdo con información de los socios el 52% de ellas se clasifican como empresa grande, el 37% como empresa mediana y el restante 11% como pequeña empresa (ver Gráfica 4), esto de acuerdo a la clasificación que se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios para la clasificación del tamaño de empresa asociada a la CANAINCA.

Pequeña	• Hasta 15 empleados. • Ventas anuales netas de hasta $900 mil pesos.
Mediana	• Hasta 100 empleados. • Ventas anuales netas de hasta $9 millones pesos.
Grande	• Hasta 250 empleados. • Ventas anuales netas de hasta $900 mil pesos.

Fuente: CANAINCA

Para conocer las características del uso de la energía para generación de calor en el sector de conservas alimenticias se realizó un cuestionario y a partir de los resultados en este estudio se presentan recomendaciones para transitar a una tecnología de generación de calor limpia como lo es el calor solar.

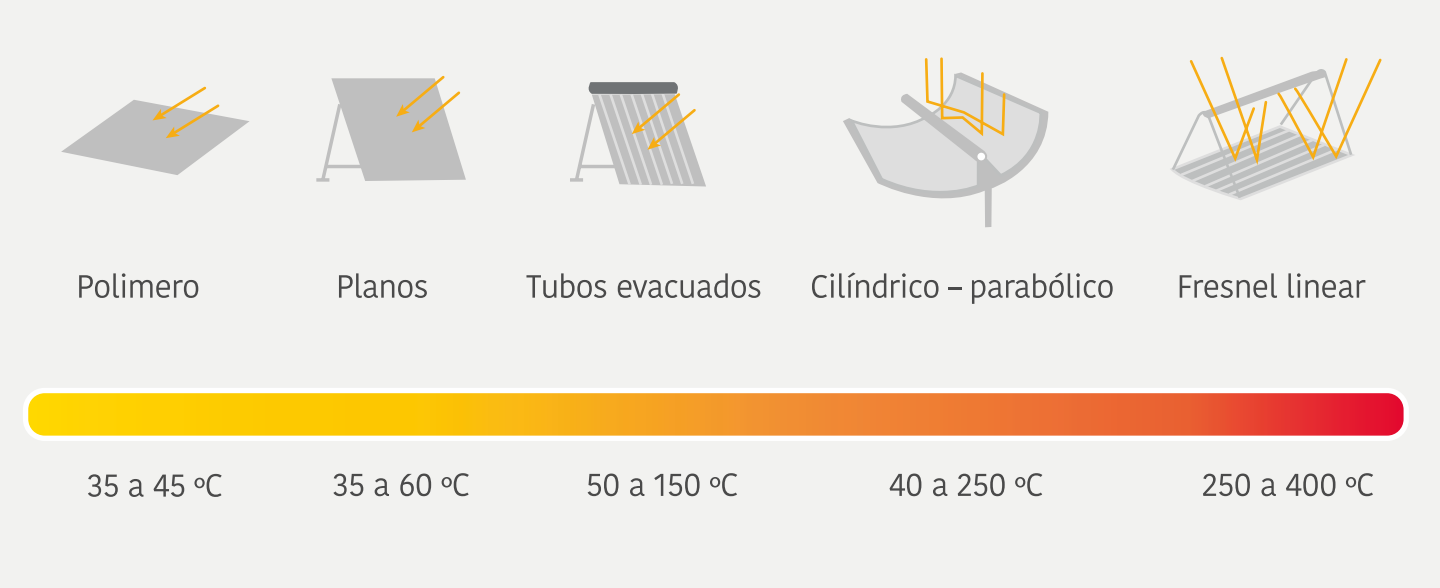
Tabla 3. Metodología.

Análisis de datos del sector	• Información documental disponible de la propia CANAINCA. • Análisis de la información: universo de socios, tamaño de las empresas, presencia nacional/vregional, productos elaborados, etc. • Información estadística y tendencias relevantes para el sector de la industria alimenticia.
Custionario	• Selección del universo de socios para envío de cuestionario. • Elaboración de un cuestionario técnico con información clave para la estimación del potencial solar. • Incorporación del cuestionario de una plataforma en la nube (Formulario de Google)
Recepción y análisis de la información	• Manejo de la información con base en datos recibidos para su análisis y resultados.

1.4 TECNOLOGÍAS

Existen diferentes tecnologías SHIP (*Solar Heat for Industrial Process*) que se pueden integrar en una planta, para satisfacer su demanda de calor acorde a la temperatura y aplicación, en la Figura 6 se muestran dichas tecnologías y el rango de temperaturas de aplicación.

Figura 6 . Tecnologías termo-solares y rangos de temperaturas de operación.



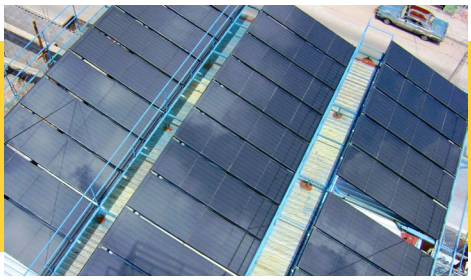
Fuente: Calor solar

El funcionamiento de las primeras 3 tecnologías presentadas se basa en que los colectores están hechos con materiales que absorben la radiación del sol y el calor se transfiere al fluido que contengan. Suelen ser estacionarios, es decir, se colocan con un ángulo de inclinación fijo óptimo para recibir la mayor cantidad de radiación solar durante todo el año.

Fotografía 1.

Colectores de tubos evacuados

Colectores planos



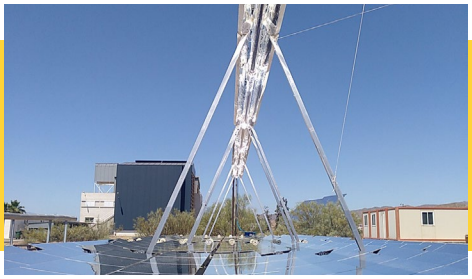
Colectores de polímero.

Fuente: Solar Payback.

Las otras tecnologías funcionan por concentración solar que es reflejar la radiación hacia un “receptor” que es una superficie con un material absorbedor de energía (usualmente con forma de tubo) para generar calor a mayor temperatura que los colectores sin concentración. Este tipo de concentradores no son estacionarios, es decir, para su buen funcionamiento deben de contar con un sistema de seguimiento en uno o dos ejes para seguir con precisión al sol durante el día.

Fotografía 2

Concentrador cilíndrico-parabólico

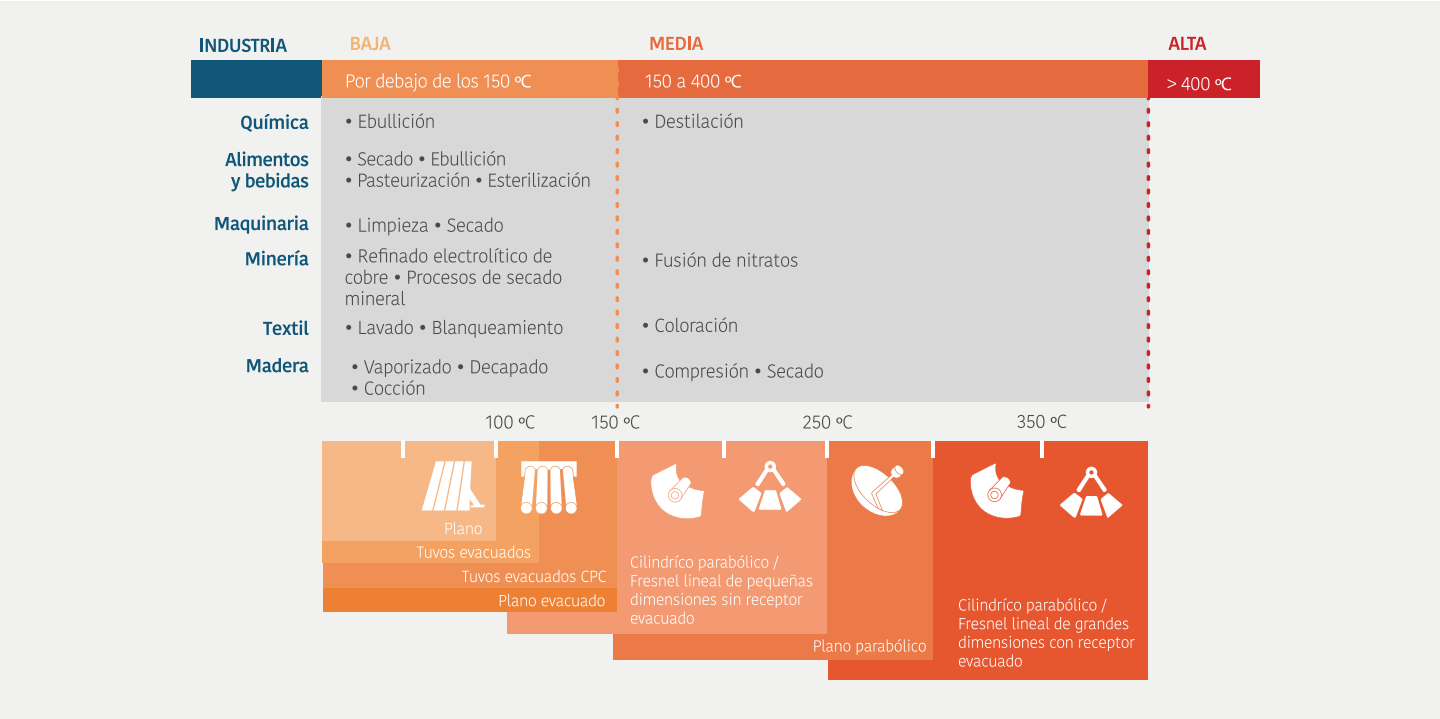


Concentrador tipo Fresnel.

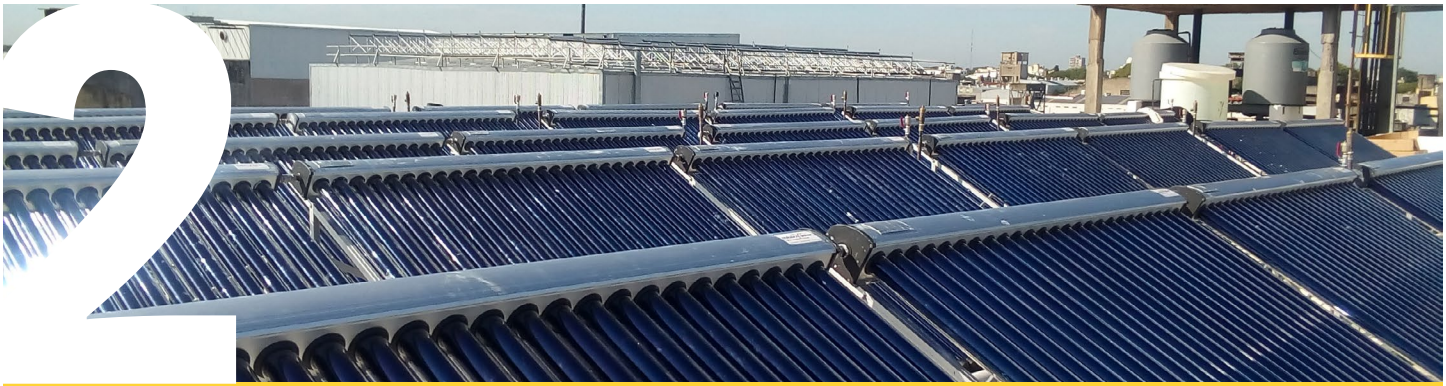
Fuente: Solar Payback.

Todas estas tecnologías han sido probadas y funcionan como se verá más adelante para diferentes procesos industriales según la temperatura que se necesita alcanzar y el espacio disponible para el “campo solar” en la planta.

Figura 7. Tecnología solar aplicable por temperatura a procesos industriales.



Fuente: IEA TASK 49 (2015).



2 ENERGÍA RENOVABLE Y MERCADO DE TECNOLOGÍA SOLAR TÉRMICA

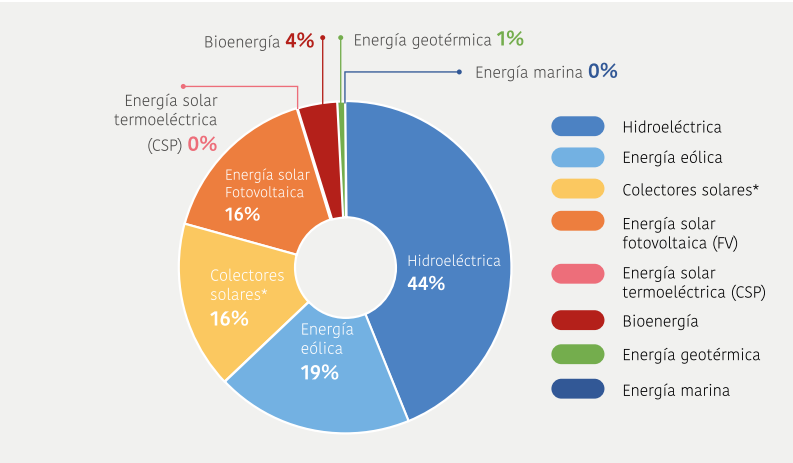
El aprovechamiento de las energías renovables para la generación de electricidad y calor es un actor clave para la transacción energética y el desarrollo sustentable. Se requiere intensificar apoyo de políticas para el sector de calentamiento y enfriamiento a partir de energías renovables en sectores relevantes como el industrial y en edificaciones para alcanzar los objetivos climáticos establecidos en el Acuerdo de París.

Entre las energías renovables que más rápido han crecido en los últimos años a nivel global se encuentra la energía solar para generación eléctrica, con una tasa media de crecimiento anual del 29%, sin embargo, los colectores solares para aplicaciones térmicas tienen una tasa de crecimiento anual del 6% (2011-2017)[2] :

- Energía solar (FV y CSP): 29%
- Energía eólica: 14%
- Colectores solares*: 6%

En la Grafica 13 se muestra la capacidad instalada de energías renovables (electricidad y colectores solares) en dónde se observa una contribución importante de las tecnologías solares para satisfacer las necesidades de energía en forma de electricidad y calor alrededor del mundo.

Gráfica 13. Capacidad instalada de energías renovables en el mundo por tipo de tecnología (GW).w



Fuentes: IRENA (2019), Renewable capacity statistics 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. * Solar Heat Worldwide, IEA; y Renewables 2019 Global Status Report, REN21.

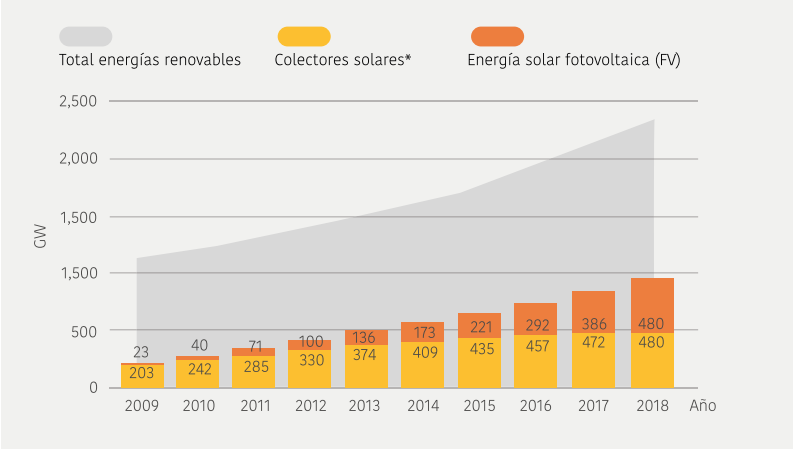
De acuerdo con las estadísticas correspondientes al cierre del año 2018, la capacidad total instalada de tecnología fotovoltaica (para generación de electricidad) por primera vez ha alcanzado a la capacidad instalada de colectores solares de agua (empleados para generar calor).

2.1 MERCADO DE COLECTORES SOLARES DE AGUA EN EL MUNDO

Tras un período de crecimiento significativo entre 2005 y 2016, la tasa de crecimiento de la capacidad solar térmica (colectores solares de agua) instalada se ha desacelerado en los últimos años a nivel mundial. A pesar de esta tendencia, algunos países siguen mostrando un aumento en su capacidad instalada de energía solar térmica.

Como se muestra en la Gráfica 14, la capacidad termo solar global de colectores de agua en funcionamiento aumentó de 203 GWt en 2009 a 480 GWt (686 millones de metros cuadrados) en 2018. En contraste, el despliegue de la energía solar fotovoltaica registra tasas de crecimiento más altas en años recientes, alcanzando ya la misma capacidad instalada a la de colectores solares de agua.

Gráfica 14. Capacidad instalada de tecnologías solares en el mundo.

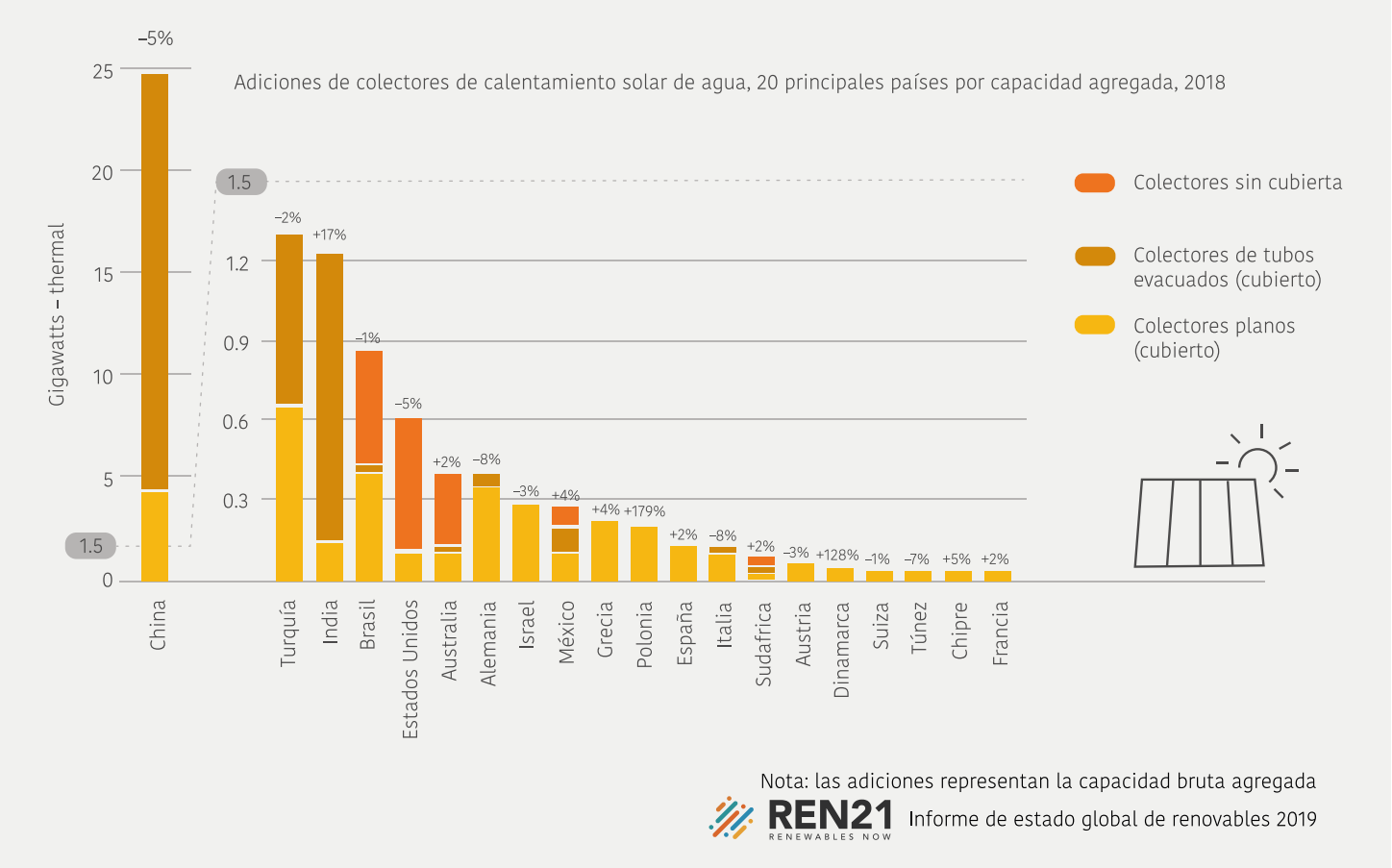


Fuentes: IRENA (2019), Renewable capacity statistics 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. * Solar Heat Worldwide, IEA; y Renewables 2019 Global Status Report, REN21.

2. Fuentes: IRENA (2019), Renewable capacity statistics 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. * Solar Heat Worldwide, IEA; y Renewables 2019 Global Status Report, REN21.

Las adiciones brutas de superficie instalada de colectores solares de agua en China durante 2018 fueron de 24.8 GWt, un 5% menos que el año anterior (26.1 GWt). El resto de los países que se encuentran entre los 20 primeros en potencia termo solar recién instalada sumaron un total combinado de 6.5 GWt. Los 20 primeros países en nuevas instalaciones representaron alrededor del 94% del mercado mundial en 2018.

Gráfica 15. Colectores solares de agua instalados, 20 países con mayor capacidad adicionada en 2018.



Fuente: Renewables 2019 Global Status Report, REN21.

En el mercado latinoamericano, Brasil y México son los países que muestran una mayor actividad. México es el segundo mercado termosolar más grande de América Latina después de Brasil. La superficie instalada, en su mayoría, se ubica en el sector residencial gracias a las políticas y programas de fomentos de viviendas verdes que se han implementado en ambos países durante los últimos años.

Brasil (año 2017):

- Área total de colectores solares instalados: 14.8 millones m^2
  Equivalente a 10,411 MW térmicos

México (año 2017):

- Área total de colectores solares instalados: 3.9 millones m2
  Equivalente a 2,750 MW térmicos

Figura 8. Capacidad instalada solar térmica en México y Brasil.

Fuente: (AEE INTEC, 2019).

2.2 PLANTAS EXISTENTES DE CALOR SOLAR PARA PROCESOS INDUSTRIALES (SHIP) A NIVEL MUNDIAL

Además de la contribución de la energía solar para suministro de calor en las edificaciones, la energía solar térmica se utiliza cada vez más en los procesos de producción de las fábricas. Los principales mercados para plantas de calor solar para procesos industriales (SHIP) en número de nuevas instalaciones fueron México, China, India y Alemania.

- Número de proyectos documentados (Base de datos en línea http://ship-plants.info/ fue creada en el marco de IEA Task 49/ IV): 313 plantas solares térmicas (hasta noviembre, 2019)
- Factores clave para el fuerte mercado de calor de procesos solares (México e India):
- Una fuerte industria solar local y la capacidad de proporcionar soluciones de sistemas asequibles para los usuarios finales.
- Una alta radiación solar y una fuerte producción industrial.

Tabla 4. Proyectos SHIP en el mundo.

País	Proyectos	Área colectores [m2]
México	83	32,699
India	47	18,882
Austria	26	7,669
Alemania	26	5,865
China	12	53,135
Omán	1	210,000

Fuente: (AEE INTEC, 2019).

Figura 9. Mapa de plantas SHIP instaladas en el mundo.

Fuente: (AEE INTEC, 2019).

A pesar del creciente interés en nuevas plantas de SHIP, el número de contratos de venta para instalaciones de SHIP que se celebraron en 2018 se mantuvo por debajo de las expectativas de la industria.

Entre los factores que frenan el crecimiento figuran el desafío de lograr la competitividad de los costos frente a los todavía bajos precios del petróleo y el gas en muchos países, las dificultades para obtener financiamiento y la falta de conocimiento de la tecnología solar térmica entre las empresas manufactureras.

En todo el mundo, las empresas de energía solar térmica anunciaron una serie de nuevos sistemas de tamaño megawatts en 2018, lo que indica el creciente interés en la energía solar térmica como fuente de calor para grandes clientes comerciales e industriales. Sin embargo, un reto clave que la industria ha enfrentado con este grupo de clientes es la expectativa de que dichos sistemas tendrán cortos períodos de amortización.

Para responder a este desafío, varios proveedores de tecnología comenzaron a ofrecer contratos de suministro de calor solar en 2018, en lugar de vender soluciones de hardware llave en mano. Este modelo de negocio, en el que los proveedores de tecnología se convierten en una empresa de servicios energéticos (ESCO, por sus siglas en inglés), evita el alto costo de inversión por adelantado para los clientes y reduce el riesgo del cliente asociado con una nueva solución de calor solar industrial.

La ESCO conserva la propiedad del sistema de energía solar térmico, opera y da mantenimiento a la instalación durante un período de contrato específico.

2.3 PLANTAS EXISTENTES SHIP EN MÉXICO

De acuerdo con la base de datos en línea http://ship-plants.info/ que fue creada en el marco de IEA Task 49/IV), en México se cuentan registradas 83 plantas SHIP en operación (hasta 08.11.2019). Existen algunas plantas que operan desde el año 2001, y se observó un incremento acelerado de nuevas plantas SHIP en el país a partir del año 2009.

Figura 10. Mapa de plantas SHIP instaladas en México.

Fuente: (AEE INTEC, 2019).

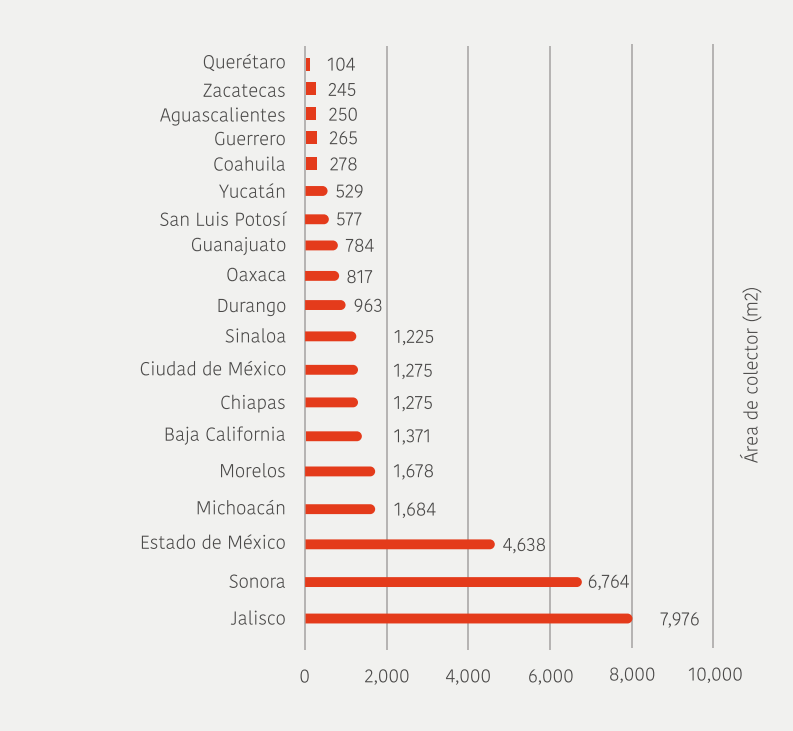
Además, existen otras plantas en operación que no se encuentran reportadas en la base de datos de la IEA, sin embargo no se cuenta con información detallada respecto al tipo de tecnología y superficie instalada de alrededor de 130 proyectos más de calor solar fueron apoyados por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) con recursos del Banco Mundial, en agronegocios durante el periodo 2005-2015 (en total 149 proyectos de calor solar apoyados por FIRCO en el periodo referido), en agronegocios para promover el aprovechamiento de energía solar térmica en los siguientes tipos de establecimientos:

- Establecimientos Tipo Inspección Federal (TIF)
- Agroindustrias
- Granjas Acuícolas
- Estables
- Desarrollos turísticos rurales
- Granjas porcinas
- Invernaderos

Retomando la información reportada en la base de datos de la IEA, la superficie instalada de las 83 plantas SHIP reportadas en México alcanza una superficie total instalada de 32,669 metros cuadrados de colectores solares, equivalente a 14.8 MWtérmicos (ver Tabla 4).

La capacidad instalada de plantas SHIP en México se concentra en mayor medida en los estados de Jalisco, Sonora y el Estado de México por el número de proyectos y su tamaño (ver Grafica 16 y Tabla 5), sin embargo, en gran parte del país se registran proyectos instalados y en operación.

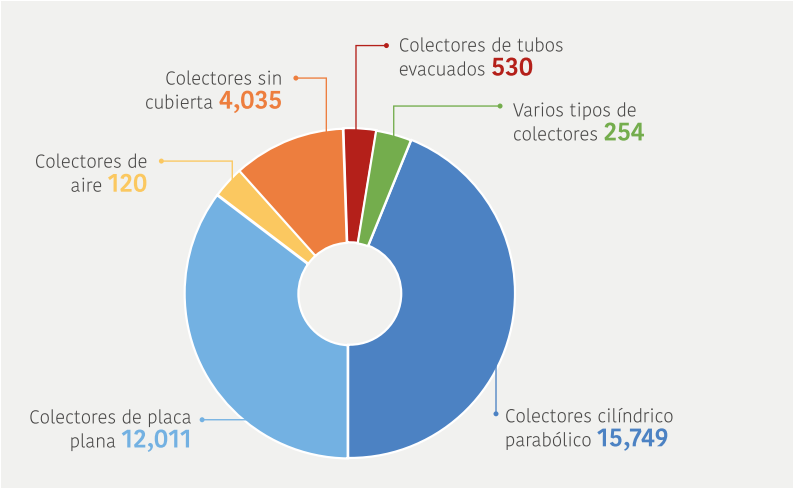
Gráfica 16. Superficie instalada de plantas SHIP en México, por estado del país.



Fuente: elaborado a partir de información de AEE INTEC, 2019.

De acuerdo con la información reportada de dichas plantas SHIP, destacan tres tipos de tecnologías de colectores solares empleados principalmente: colectores cilíndrico-parabólicos (48% de la superficie total instalada), colectores de placa plana (36.7% de la capacidad total instalada) y colectores solares sin cubierta (12.3% de la superficie total instalada).

Gráfica 17. Superficie instalada de plantas SHIP en México, por tipo de colector (m^2)



Fuente: elaborado a partir de información de AEE INTEC, 2019.

La información y tendencias mostradas acerca del desarrollo de plantas SHIP en este capítulo, debe tomarse como una orientación del desarrollo de este mercado, sin embargo, existen más plantas SHIP en el país, que han sido identificadas, pero no documentadas formalmente.

Tabla 5. Proyectos de calor solar en México.

Proyecto	Colector área m2	Estado	Industry sector NACE code	Año de inicio de operación	Tecnología	m2	KWt	Total invest cost (excl. VAT)	Subsidio
Bermejillo Chapin	200	Durango	A – agriculture, forestry and fishing	2018	Plano	200	140	60,400	No
Unilever	158.4	Morelos	C32 – Other manufacturing	2018	Cilíndrico – parabólicos	158.4	110.88	80,000	No
KOF MIXCOAC	125	Cd. de México	C11 – Manufacture of beverages	2018	Plano	125	87.5	47,000	No
INDUSTRIA DEL MAIZ	72	Cd. de México	C10 – Manufacture of food products	2018	Plano	72	50.4	21,200	No
INDUSTRIA MAIZ	72	Cd. de México	C10 – Manufacture of food products	2018	Plano	72	50.4	21,200	No
SAN PABLO VILLA TORTILLA DOUGH FACTORY	72	Cd. de México	C10 – Manufacture of food products	2018	Plano	70	49	20,650	No
KOF TLALNEPANTLA	45	Edo. de México	C11 – Manufacture of beverages	2018	Plano	45	31.5	16,700	No
COMFOSA, S.A de C.V	1,155	Jalisco	C10.9 Manufacture of prepared animal feeds	2018	Cilíndrico – parabólicos	1,155	202.54	118,414	Si
Alimentos y productos para ganado lechero	1,031.25	Baja California	C10.9 Manufacture of prepared animal feeds	2017	Cilíndrico – parabólicos	1,031.25	179.85	125,686	No
Casa Armando Guillermo Prieto S.A de C.V.	816.75	Oaxaca	C11 – Manufacture of beverages	2017	Cilíndrico – parabólicos	816.75	136.79	109,007	No

Agrana Fruit	742.5	Michoacán	C10 – Manufacture of food products	2017	Cilíndrico – parabólicos	742.5	112.85	110,435	No
Grupo Mosa la Luz SA de CV	693	Guanajuato	C10 – Manufacture of food products	2017	Cilíndrico – parabólicos	693	92.61	103,491	No
Conservas del norte SA de CV	660	Sinaloa	C10 – Manufacture of food products	2017	Cilíndrico – parabólicos	660	104.81	117,365	Si
Casa Cuervo SA de CV	577.13	Jalisco	C11 – Manufacture of beverages	2017	Cilíndrico – parabólicos	577.13	123.55	94,736	No
Barcel SA de CV	529.2	Yucatán	C10 – Manufacture of food products	2017	Cilíndrico – parabólicos	529.2	77.9	81,349	No
Grupo Mirasol de Occidente SA de CV	396	Jalisco	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2017	Cilíndrico – parabólicos	396	64.83	59,449	Si
CARNES SELECTAS DE MÉXICO SA de CV	175	Baja California	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2017	Plano	175	122.5	49,000	0.5
Quesos la Ordeña	165	Chiapas	C10 – Manufacture of food products	2017	Cilíndrico – parabólicos	165	35.34	22,706	No
ZACATECAS TERMOSOLAR DRYING PLANT – FL	125	Zacatecas	A – agriculture, forestry and fishing	2017	Plano	125	87	30,370	0.5
ZACATECAS TERMOSOLAR DRYING PLANT – AII	120	Zacatecas	C10.3 Processing and preserving of fruit and vegetables	2017	Cilíndrico – parabólicos	120	84	24,000	0.5
BEVCO, S. de RL de CV	34.13	Jalisco	C11 – Manufacture of beverages	2017	Cilíndrico – parabólicos	34.13	15.05	24,131	No
INDUSTRIAS MOSO	110	Morelos	C – Manufacture	2016	Plano	110	77	21,780	No
Destilería 501 SA de CV	610	Jalisco	C11 – Manufacture of beverages	2015	Cilíndrico – parabólicos	610	94.6	59,403	Si
Canels SA de CV	577.13	San Luis Potosí	C10 – Manufacture of food products	2015	Cilíndrico – parabólicos	577.13	118	84,307	No
Procesadora de Alimetos integrales PAISA	577.13	Jalisco	C10.9 – Manufacture of prepared animal feeds	2015	Cilíndrico – parabólicos	577.13	116.02	115,000	No
Agropecuaria Tarasca S de PR de RL	540	Michoacán	C10.9 – Manufacture of prepared animal feeds	2018	Cilíndrico – parabólicos	540	126.3	68,889	No
Rastro Garibay	250	Jalisco	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2015	Cilíndrico – parabólicos	250	43.38	44,145	Si
Carnes Selectas de Sonora SA de CV	89.48	Jalisco	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2015	Cilíndrico – parabólicos	89.48	22.2	13,281	No
BONAPRIME SLAUGHTERHOUSE	65	Baja California	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2015	Plano	65	45.5	16,800	0.5
Nutrición marina	310	Sinaloa	C10.9 Manufacture of prepared animal feeds	2014	Cilíndrico – parabólicos	310	97.2	58,000	0.5
IMATEC TORTILLA DOUGH FACTORY	125	Edo. de México	C10.6 Manufacture of grain mill products, starches and starch products	2014	Plano	125	87.5	29,250	No
Buenavista Greenhouse	112	Jalisco	A – agriculture, forestry and fishing	2013	Cilíndrico – parabólicos	112	36	20,000	0.5

PROCARNE SLAUGHTERHOUSE “A”	110	Coahuila	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2013	Plano	110	77	31,000	0.5
SANA INTERNACIONAL	240	Sonora	C10 Manufacture of food products	2011	Plano	240	168	43,000	No
BARCEL	172	Edo. de México	C10 Manufacture of food products	2011	Plano	172	120	40,000	No
NESTLE CHIAPAS	650	Chiapas	C10 Manufacture of food products	2010	Plano	650	455	160,000	No
INDUSTRIAS CRICOTL	72	Cd. de México	C10.7 Manufacture of bakery and farinaceous products	2010	Plano	72	50	19,000	No
NESTLE TOLUCA	3,700	Edo. de México	C10 Manufacture of food products	2009	Sin cubierta	3,700	2,590	270,000	No
SUKARNE SLAUGHTERHOUSE	195	Sinaloa	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2009	Tuvos evacuados	195	136	75,000	No
SUKARNE SLAUGHTERHOUSE MEXICALLI	100	Baja California	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2009	Plano	100	70	23,800	No
CARNES LA LAGUNA SLAUGHTERHOUSE	99	Durango	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2009	Tuvos evacuados	99	69	39,000	No
CARNES MUMA	72	Coahuila	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2009	Tuvos evacuados	72	50	26,000	No
GAMESA QUAKER PEPSICO MÉXICO	64	Cd. de México	C10 – Manufacture of food products	2009	Plano	64	45	14,500	No
gatorade méxico	56	Cd. de México	C11 – Manufacture of beverages	2009	Plano	56	39	12,500	No
marinela cdmx	164	Cd. de México	C10 – Manufacture of food products	2008	Plano	164	114	39,500	No
GRUPO BIMBO	232	Cd. de México	C10 – Manufacture of food products	2007	Plano	232	162	60,000	No
PROCARNE SLAUGHTERHOUSE “B”	96	Coahuila	C10.1 – Processing and preserving of meat and production of meat products	2006	Tuvos evacuados	96	67	43,000	0.5

Fuente: Elaborado a partir de información de AEE INTEC, 2019.

2.4 POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE CALOR SOLAR EN MÉXICO

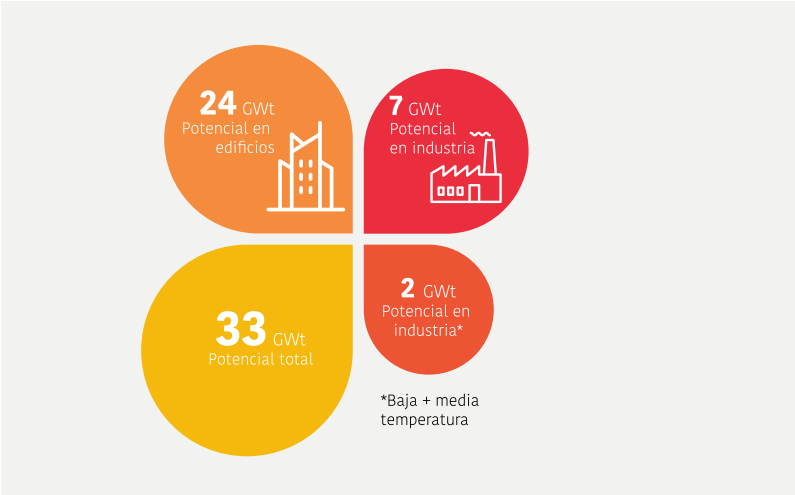
El potencial (realista y económicamente rentable) estimado para México en la industria y edificaciones asciende a casi 33 $GW_{térmicos}$ para el periodo 2010-2030 (SENER / IRENA REMap 2030 México).

Agua caliente y enfriamiento solar en las edificaciones (sector residencial y servicios) al 2030 ascenderá a 20 $GW_{térmicos}$ + 4 $GW_{térmicos.}$

Gran potencial en la industria mexicana, 80% se encuentra en la industria de la manufactura, aproximadamente 9 $GW_{térmicos.}$

- 7 $GW_{térmicos}$ (≈ 10 millones de m2) se localizan en el sector de la baja temperatura, en procesos típicos de la industria textil, producción de alimentos y algunos procesos químicos.
- 2 $GW_{térmicos}$ (≈ 2.9 millones de m2) para procesos de media temperatura donde se requieren sistemas de concentración, principalmente en la fabricación de productos químicos.

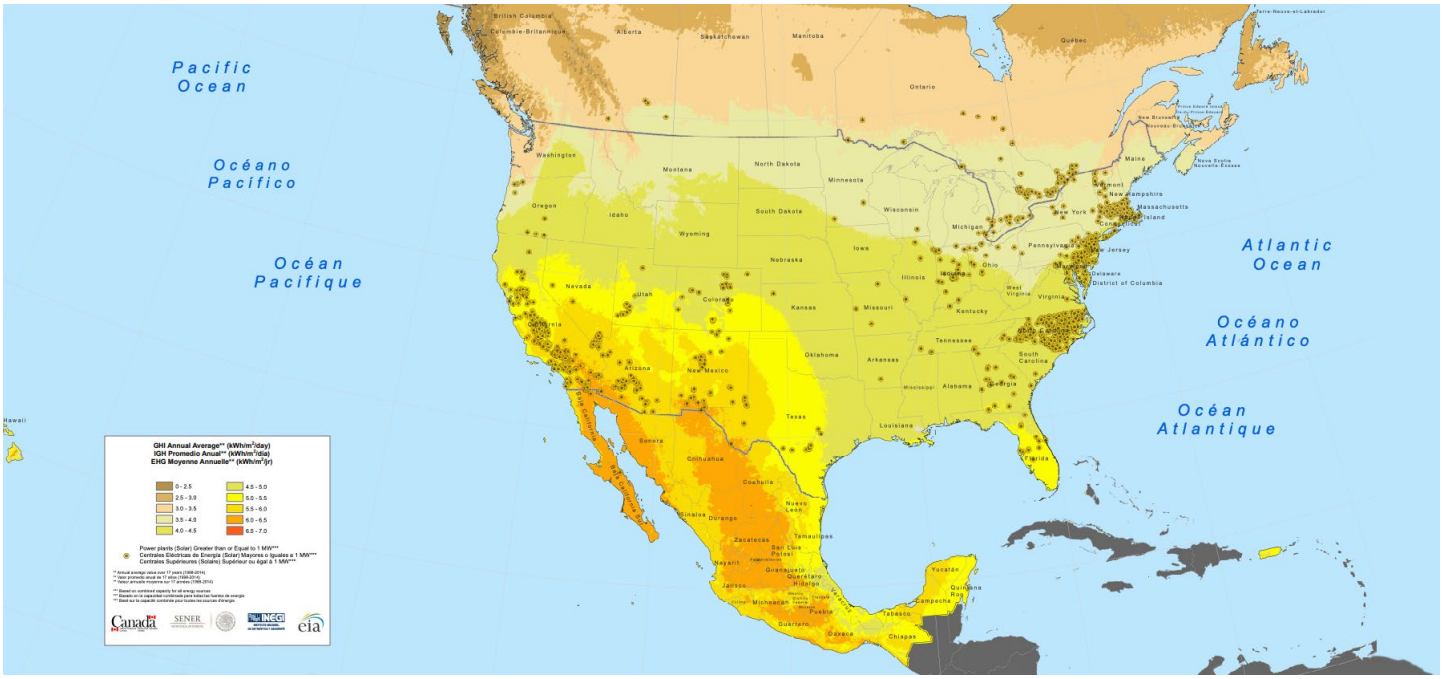
Figura 10. Potencial de aprovechamiento de calor solar en México.



Fuente: Iniciativa Calor Solar con información de IRENA (2015), Renewable Energy Prospects: Mexico, REmap 2030 analysis. IRENA, Abu Dhabi. www.irena.org/remap

Uno de los factores que contribuye a la rentabilidad de las tecnologías termo solares es la gran disponibilidad de recursos solar en prácticamente todo el país, en contraste con países como Alemania que cuentan en promedio con la mitad del recurso solar a lo largo del año. México se encuentra entre 15° y 35° de latitud, región considerada la más favorecida en recursos solares, donde se recibe diariamente, en promedio, 5.5 kWh/m2. El noroeste del país es la zona con mayor potencial, donde la radiación excede los 8 kWh/m2 en primavera y verano. Sin embargo, los estados del centro del país donde se encuentra la mayor demanda de calor para procesos industriales cuanta con recursos solar suficiente para abastecer de manera adecuada requerimientos de calor en la industria.

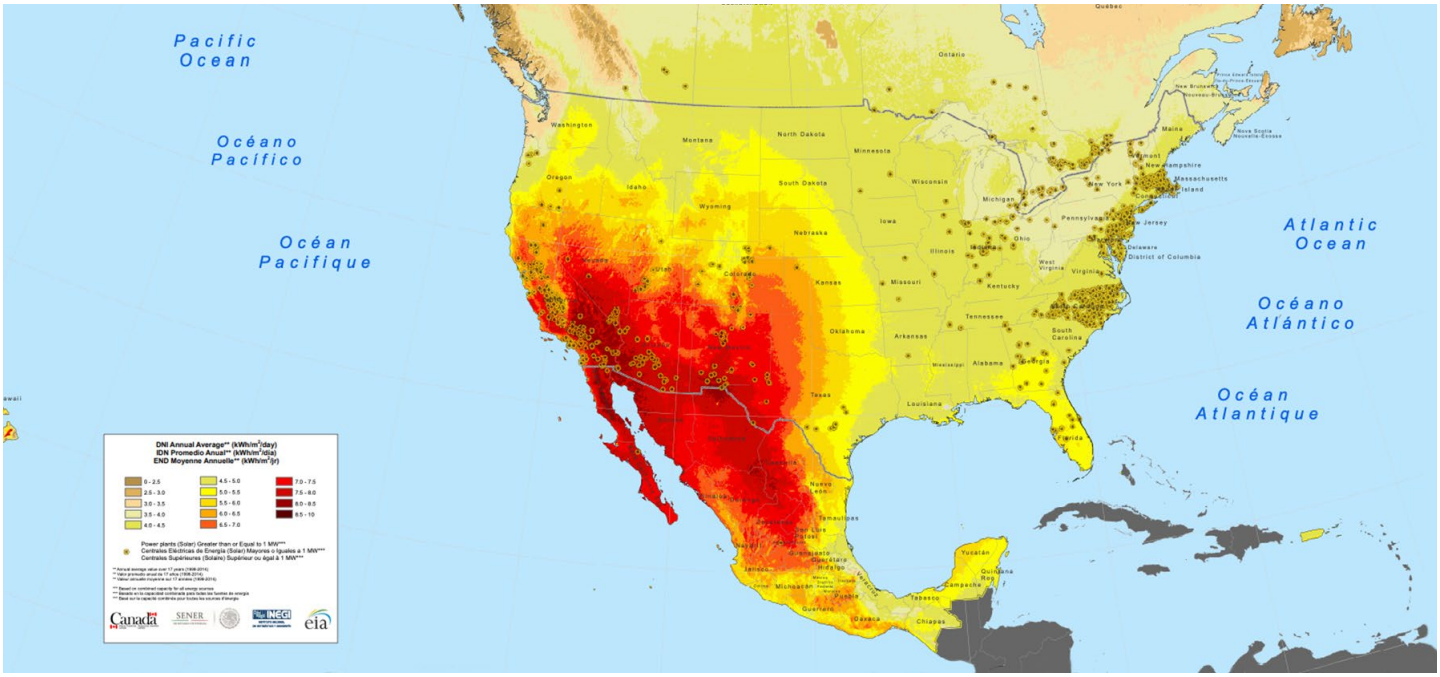
Figura 11. Recurso Solar, PSM Irradiación Global Horizontal.



Fuente: http://www.nacei.org/content/documents/Solar_ghi_&_powerplant_solar.pdf

Nota: * La versión actual de National Solar Radiation Database (NSRDB) (v2.0.1) fue desarrollada por el National Renewable Energy Laboratory (NREL) usando el Physical Solar Model (PSM).

Figura 12. Recurso Solar, PSM Irradiación Directa Normal.



Fuente: http://www.nacei.org/content/documents/Solar_dni_&_powerplant_solar.pdf

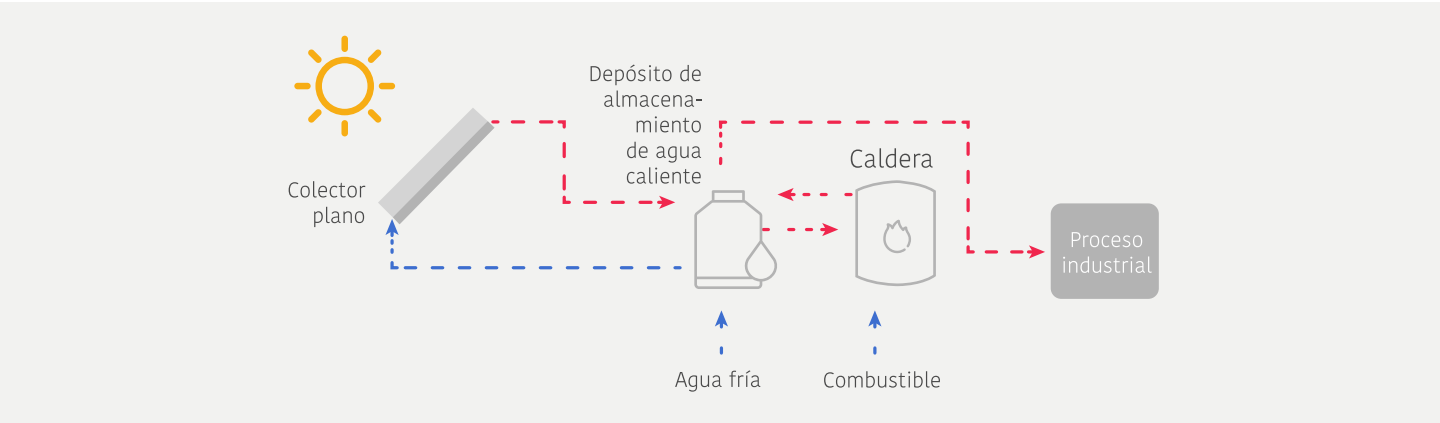
Nota: * La versión actual de National Solar Radiation Database (NSRDB) (v2.0.1) fue desarrollada por el National Renewable Energy Laboratory (NREL) usando el Physical Solar Model (PSM).

2.5 OPCIONES DE INTEGRACIÓN EN UNA PLANTA INDUSTRIAL

A continuación, se describen algunas formas de integración de la tecnología en la planta industrial:

- **Precalentamiento:** El agua fría se precalienta en el campo solar y se introduce en un depósito de almacenamiento donde se calienta mediante una caldera de combustible fósil a la temperatura del proceso de producción requerida.

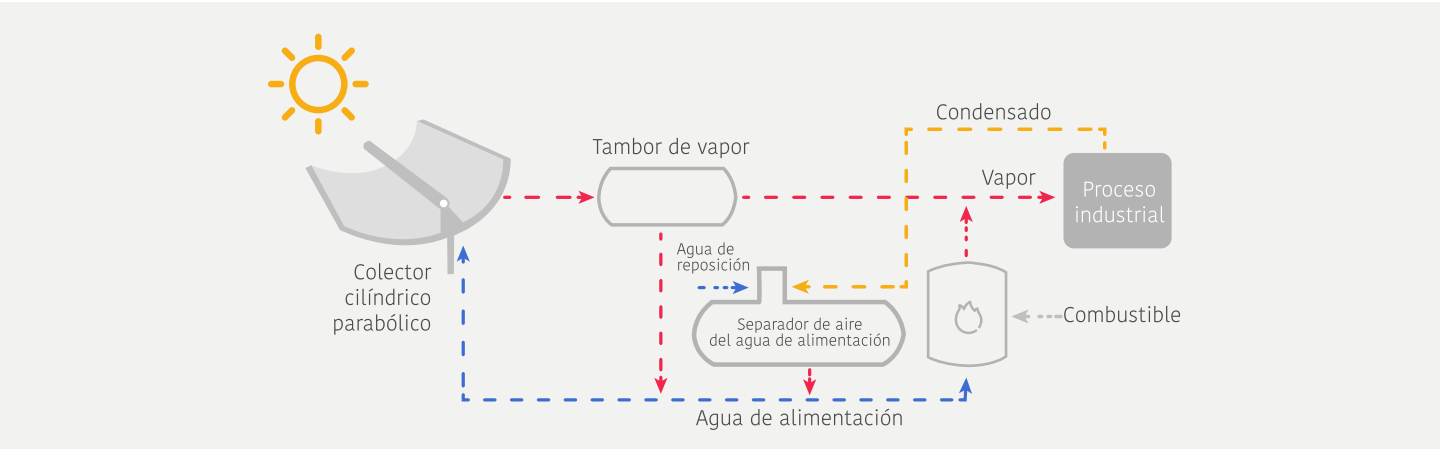
Figura 13. Esquema integración de precalentamiento.



Retos: La integración de los sistemas de calor solar en los procesos industriales requiere diseños personalizados de SHIP basados en los métodos de producción que utiliza cada empresa, en el sistema de calentamiento convencional que tiene instalado y en el combustible que se utiliza.

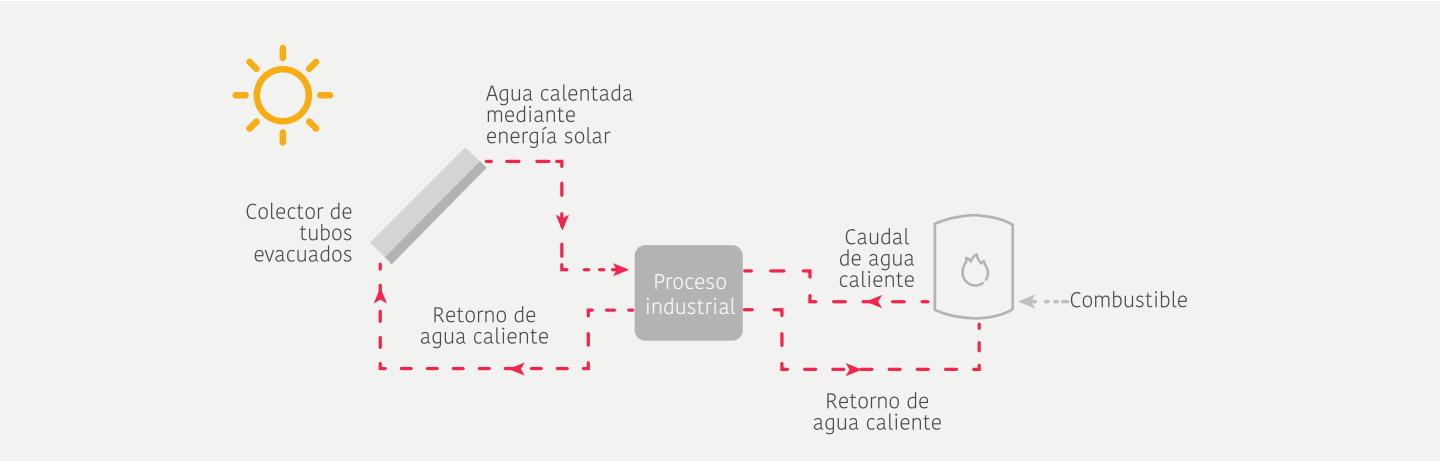
- **Generación directa de vapor:** El agua se evapora parcialmente en los colectores concentradores. El vapor calentado mediante energía solar se separa del agua restante dentro del tambor de vapor antes de ser enviado al proceso industrial o a la red de vapor de la fábrica. El condensado tratado, también llamado agua de alimentación, se envía de nuevo al campo de colectores. Otra opción es la generación de vapor indirecta. En este caso, el campo de colectores calienta el agua o el aceite térmico en un circuito cerrado para generar vapor mediante un intercambiador de calor.

Figura 14. Esquema de integración cerrado.



- **Calentamiento de procesos:** El campo solar proporciona calor a una determinada temperatura para mantener la temperatura de un baño o un proceso de separación térmica. Se suministra calor adicional al proceso de producción mediante una caldera de combustible fósil. Ambos circuitos están cerrados de manera que el agua enfriada vuelve al campo de colectores o a la caldera respectivamente. La integración a nivel de proceso requiere de un conocimiento profundo de la temperatura del proceso y del perfil de carga.

Figura 15. Esquema de integración directo.



3

PRECIOS DE ENERGÍA PARA GENERACIÓN DE CALOR EN MÉXICO Y MODELOS DE NEGOCIO PARA EL CALOR SOLAR

Para el análisis de rentabilidad es importante conocer los costos del sistema actual y cómo estos pueden modificase en el tiempo. Es importante también conocer un método para comparar los costos ya que la tecnología solar funciona diferente y no sería adecuado comparar únicamente el costo de inversión, sino cuanto cuesta generar el calor a lo largo de la vida útil del proyecto. Finalmente se exponen tres modelos de negocio que se pueden encontrar para la implementación de proyectos de calor solar en el mercado mexicano.

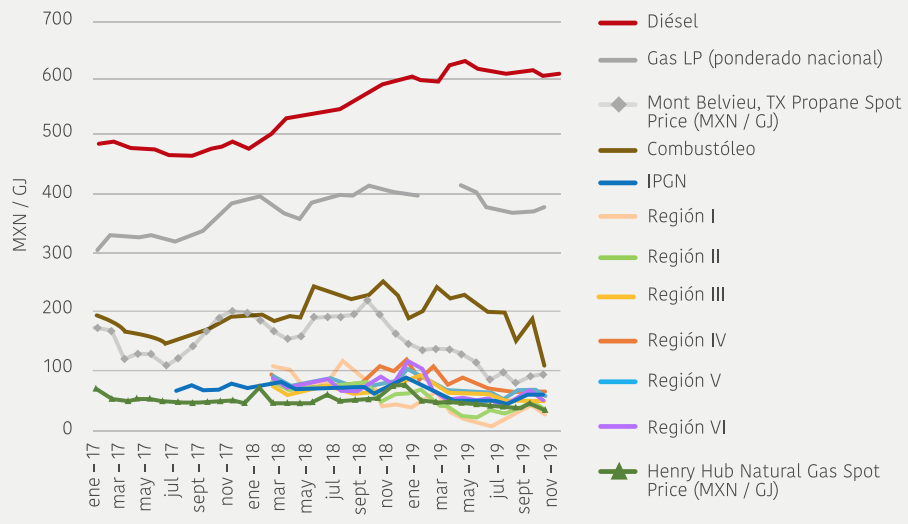
3.1 PRECIOS DE ENERGÍA FÓSIL PARA GENERACIÓN DE CALOR EN MÉXICO

El suministro de energía térmica en el sector industrial del país se lleva a cabo principalmente a partir de la quema de combustibles fósiles, aunque existen algunas industrias/procesos que emplean electricidad para llevar a cabo procesos térmicos.

Dependiendo del tamaño de la empresa, tipo de procesos, zona geográfica, acceso a gasoductos, entre otros factores, las empresas adquieren commodities energéticos en mercados mayoristas o minoristas para satisfacer sus necesidades de suministro de calor. Los combustibles más empleados son el gas natural y petrolíferos (gas LP, diésel, combustóleo), y cada uno registra diferentes precios por unidad de energía. Al ser un commodity, están expuestos a la volatilidad de los mercados de referencia nacional y/o internacional.

En México, uno de los energéticos más competitivos en términos de precio es por ahora el gas natural, seguido del combustóleo, aunque éste último por razones ambientales cada vez es menos empleado; le siguen el gas LP y diésel, que tienen un mayor precio en el mercado.

Gráfica 18. Comportamiento mensual del precio de combustibles en México y precios de referencia internacional (pesos/Gigajoule).



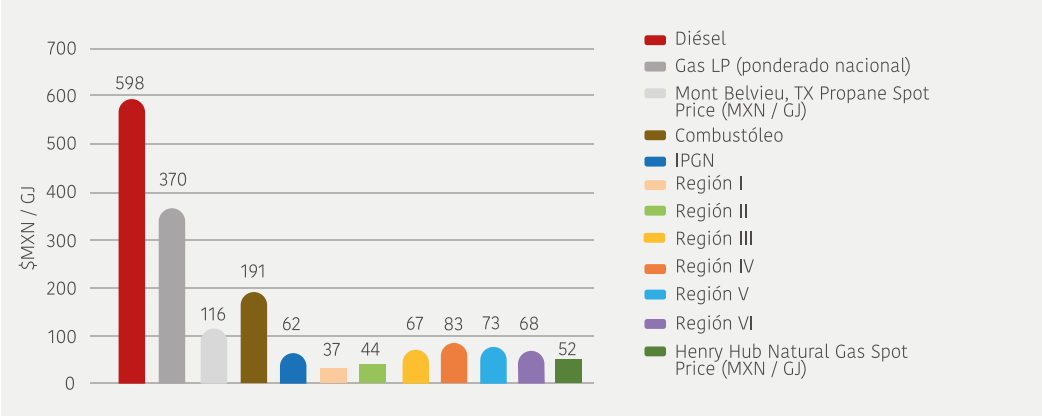
Regiones de distribución de gas natural en México: Región I: Baja California, Sonora, y Sinaloa. **Región II:** Chihuahua, Coahuila y Durango. **Región III:** Nuevo León y Tamaulipas. **Región IV:** Aguascalientes, Colima, Jalisco y Zacatecas. **Región V:** Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Tlaxcala. **Región VI:** Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

Fuente: Elaboración propia con información de CRE, PEMEX, Intermodal México, Banco de México y U.S. Energy Information Administration, 2019.

El gas natural y gas LP, son los energéticos más empleados en el sector de la industria alimentaria en el país y sus precios están altamente influenciados por: los precios de referencia internacional (principalmente Estados Unidos, y en menor medida Canadá para el caso de gas LP) y la volatilidad de los mercados, en gran medida por la alta dependencia de importaciones a las que está sujeta el mercado mexicano.

En la Grafica 18 es posible observar la variación de precios que ha experimentado el gas natural y gas LP durante los últimos tres años. En comparación con otros combustibles fósiles empleados por la industria alimentaria, el gas natural mantiene precios relativamente bajos por ahora. El aumento en el precio de los combustibles fósiles en los últimos años se refleja principalmente en los consumidores finales, debido a la política de liberalización de precios y eliminación de subsidios al consumo de ambos combustibles en el país.

Gráfica 19. Precio promedio de energéticos en México (periodo nov.2018 - oct.2019).



Fuente: Elaboración propia con información de CRE, PEMEX, Intermodal México, Banco de México y U.S. Energy Information Administration, 2019.

Como se muestra en la Gráfica 18 y Gráfica 19, los precios de gas natural al mayoreo registran diferentes precios en función de la región de distribución de la que se trate. Los precios más bajos se han registrado en zonas cercanas a la frontera con Estados Unidos, en dónde los costos de transporte del energético son más bajos. Las regiones del centro del país registran precios de gas natural ligeramente más elevados (región IV y V).

En el corto plazo se mantiene la volatilidad en el mercado spot y precios a futuro de gas natural y propano en Estados Unidos. Se espera un ligero incremento de los precios de referencia (Henry Hub y Mont Belvieu), lo cual se verá reflejado durante el año 2020 en los usuarios finales en el país.

Hacia 2024, el Fondo Monetario Internacional (IMF) prevé que el precio de Henry Hub aumente 2.65 dólares por MMBtu mientras que el Banco Mundial da una proyección más optimista de 3.16 dólares por MMBtu. Para el pronóstico a largo plazo hasta el 2030, el Banco Mundial espera que el precio del gas natural en Henry Hub aumente a 4 dólares por MMBtu.

3.2 COSTO NIVELADO DE CALOR (LCOH)

Para poder evaluar los costos de suministro de calor de manera equiparable entre diferentes fuentes de energía, se empleó la metodología de costo nivelado de calor (Levelized cost of Heat, LCOH) para determinar el impacto económico de las mejoras en las tecnologías mediante comparaciones entre sistemas de referencia y sistemas con nueva tecnología.

El cálculo del LCOH es parte fundamental de la factibilidad del proyecto, ya que permite conocer el costo constante por unidad de generación. La ecuación más simple que permite conocer el costo nivelado de calor se representa como:

$$LCOH = \frac{(Io - incentivo) + \Sigma_t^n \frac{At}{(1+i)^t}}{\Sigma_t^n \frac{Mth}{(1+i)^t}}$$

Donde:

- **I0:** Inversión específica del sistema térmico solar incluyendo la instalación (MXN$/m2),
- **Incentivo:** por ejemplo, en México el incentivo fiscal que tienen las tecnologías renovables de la depreciación acelerada
- **At:** Costos anuales de O&M (MXN$/m2),
- **Mth:** Energía térmica útil producida por año (kWht/m2),
- **i:** Tasa de descuento (interés) (%),
- **T:** año
- **N:** Periodo de evaluación, que en este caso se toma el tiempo de vida del proyecto (20 años).

Aplicando la fórmula para los dos sistemas a comparar (el que usa combustible fósil y el proyecto solar térmico) vamos a ser capaces de comparar realmente a lo largo de la vida útil cuánto cuesta cada kWhtérmico que se genera.

Así se hace muy evidente la ventaja que representa utilizar el sol como combustible, ya que mientras la inversión inicial en un proyecto solar es relativamente alta, ya no involucra gastos por combustible para funcionar. Y con un sistema actual basado en quema de combustibles es un constante estar sujetos a los cambios e incrementos del precio del combustible.

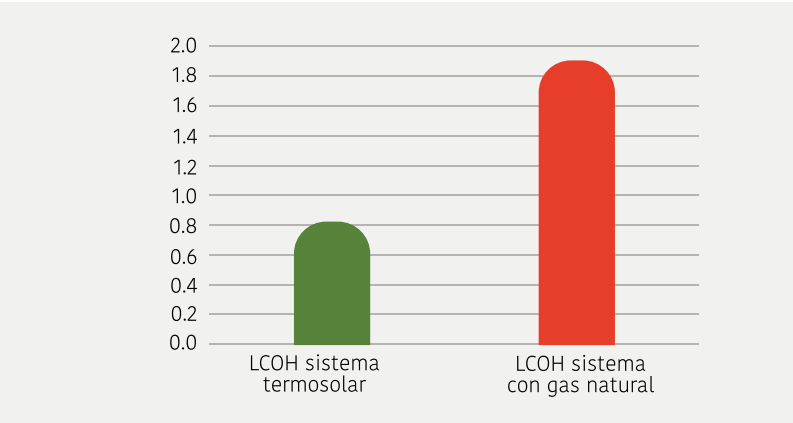
A continuación, se describe un ejemplo de LCOH que se realizó para una planta del sector con la posibilidad de implementar un proyecto de calor solar. En el análisis, se considera una tasa de descuento del 7.0% (información proporcionada por la empresa analizada) un costo de O&M equivalente al 1.5% de la inversión inicial menos el incentivo y una inflación del costo del combustible del 12%[3] , siendo que el valor presente neto es de 7.61 MXN$/m3 (830 MXN$/Gcal).

Análogamente, se realiza la misma metodología para el combustible actual (en ese caso Gas natural), bajo un horizonte de 20 años descontando los ahorros obtenidos por el sistema solar.

Una vez obtenida la sumatoria de la energía producida y el costo que representa generarla, se puede obtener el costo nivelado de energía mediante la relación entre el costo de la energía y la energía producida. De tal manera que el costo nivelado de energía para el sistema térmico solar es 0.83 MXN$/kWh, mientras que para el Gas natural es 1.90 $/kWht. En la Gráfica 20 se muestra la comparativa de manera gráfica.

3. Incremento en el precio del combustible de las facturas de la empresa enero 2019 a agosto 2019.

Gráfica 20. Comparativa del costo nivelado de energía



Fuente: Elaboración propia.

Este mismo cálculo se puede hacer más sofisticado y pueden calcularse los siguientes tipos de LCOH:

- **$LCOH_{sol,fin}$** : Costo nivelado del calor sustituido (ahorrado) por la parte solar del sistema de calor. Permite la comparación de diferentes diseños y tecnologías de sistemas solares térmicos como parte del sistema completo de calor.

- **$LCOH_{ov,fin}$:** Costo global nivelado del calor generado por el sistema de calor asistido por energía solar. El sistema de calor completo se considera aquí. Esto permite una comparación del sistema de calor asistida por energía solar con otras tecnologías de generación de calor.

Existe una herramienta Excel fácil de usar que proporciona un método para calcular el costo nivelado del calor de los sistemas solares térmicos y es gratuita. Fue desarrollada por el programa de enfriamiento y calentamiento de la Agencia Internacional de Energía (IEA).

Los usuarios pueden comparar

1) Los efectos de diferentes soluciones y diseños tecnológicos de energía solar térmica y
2) Un sistema solar térmico con otros sistemas de calor durante su vida útil.

La herramienta incluye:

- Guía del usuario
- Metodología utilizada
- Hojas de trabajo de entrada principal
- Cálculo avanzado de costos.

Puede descargar la herramienta en http://task54.iea-shc.org/lcoh-tool más la Hoja de información de soporte http://task54.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/A01-Info-Sheet--LCOH-for-Solar-Thermal-Applications.pdf

3.3 MODELOS DE NEGOCIO PARA CALOR SOLAR

Como parte de las actividades del Programa DKTI Solar que implementa la GIZ en México, se han realizado análisis y entrevistas enfocados en identificar modelos de negocio factibles para el uso del calor solar en el sector industrial y servicios. Se han identificado tres modelos de negocio correspondientes a los principales servicios de la cadena de valor:

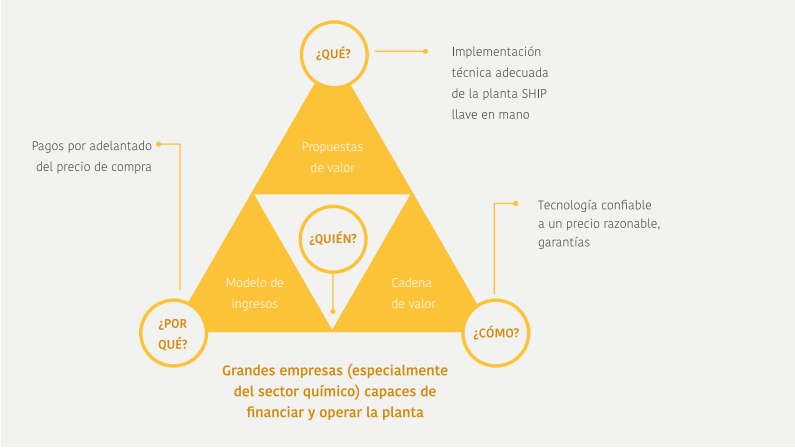
Tabla 6. Modelos de negocio para adquirir calor solar.

Construcción	• EPC Modelo de Ventas • Ingeniería, Adquisición y Construcción (EPC) para la implementación técnica.
Financiamiento	• EPC Modelo de arrendamiento / Renta • Para el financiamiento de los costos de inversión inicial de la planta de calor renovable.
Operación	• Modelo ESCO • Empresa de Servicios Energéticos (ESCO) para operar la planta de calor renovable durante su vida útil.

Cada uno de estos tres servicios principales se relaciona con los principales contribuyentes de la cadena de valor y se correlacionan con los márgenes correspondientes, los riesgos y la compensación de riesgos asociados o el costo de los seguros. El cliente final o comprador del calor tiene que decidir qué parte de la cadena de valor se realiza internamente o tiene que ser subcontratada. Como se diferencian tres partes diferentes de la cadena de valor, cada una de ellas puede ser subcontratada o realizada internamente, dependiendo de las capacidades internas disponibles. Cuantos más servicios sean subcontratados por el comprador/usuario, menos partes de la cadena de valor de la producción de calor podrán internalizarse. Este hecho se reflejará en el precio pagado por el calor consumido.

En el modelo de Venta, el usuario final de la energía es dueño el proyecto de calor solar, y deberá encargarse de la operación y mantenimiento de los equipos. Así como contar con personal capacitado. Es una buena oportunidad para empresas dispuestas a invertir.

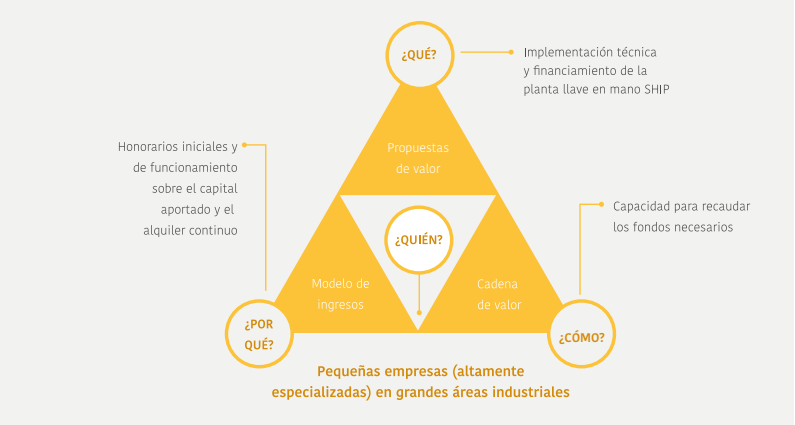
Figura 16. Modelo de negocio – Venta.



Fuente: RENAC.

El modelo de Arrendamiento implica una relación comercial con el Desarrollador del proyecto de largo tiempo, ya que el desarrollador hace la inversión y el usuario final del calor estará pagando cierta cuota acordada y posiblemente aún debe encargarse de la operación y mantenimiento. Existe la posibilidad que después de cierto tiempo, la plata pase a ser del usuario final, dependiendo del contrato.

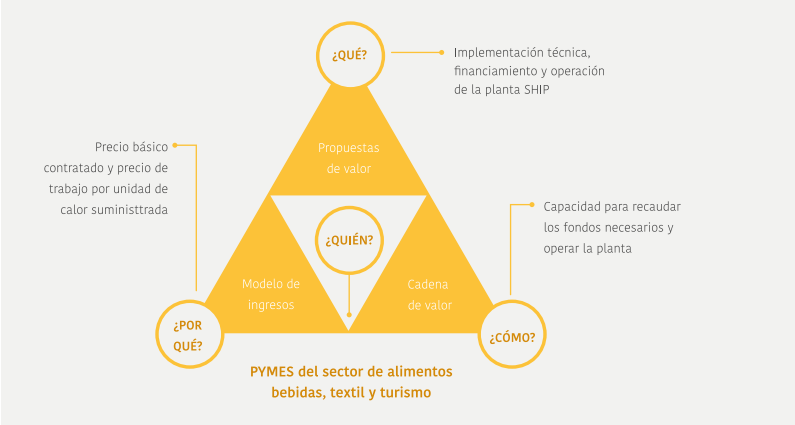
Figura 17. Modelo de negocio – Arrendamiento..



Fuente: RENAC.

El modelo ofrecido por una ESCO (Energy Service Company) es aquel donde el desarrollador financia la planta y se encarga de la operación y el mantenimiento. El usuario solo para las cuotas acordadas, pero no es dueño del proyecto solar.

Figura 18. Modelo de negocio – ESCO.



Fuente: RENAC.

Tabla 7. Principales clientes para los 3 modelos de negocio.

Modelo de ventas EPC	Empresas que cuentan con los recursos internos para finaciar el precio de compra (en balance) y operar la planta. Esto implica que las grandes empresas del sector químico son candidatas adecuadas, ya que una de sus principales competencias es la operación de centrales térmicas y sus balances presentan a menudo muchos activos productivos de largo plazo e intensivos de capital, similares a los de las instalaciones SHIP.	Gracias a estos modelos de negocio existentes se podrán desarrollar proyectos de calor solar en cada vez más industrias mexicanas.
Modelo de arrendamiento EPC	Empresas sin capacidad para financiar los costos iniciales de la planta de calor renovable. En la práctica, las empresas pequeñas y altamente especializadas tenderán regularmente a buscar el servicio para financiar los altos costos de inversión inicial. Las zonas industriales más grandes, con muchas PYME que demandan cantidades considerables de calor, ofrecen la oportunidad de permitir un financiamiento separado, ya que el calor producido puede entregarse a una empresa diferente en la zona industrial. Una planta de calor situada junto a un solo comprador para minimizar las pérdidas en un área remota de producción depende de una sola compañía como comprador, ya que el almacenamiento a transporte de calor es costoso.	
Modelo ESCO	Empresas que optan por externalizar la opración de la central térmica renovable aun tercero, la ESCO. Lamayoría de las pequeñas y medianas empresas de las industrias correspondientes a los secrores de alimentos y bebidas, textil y turismo tenderán favorecer una solución tan simple pero más cara y menos rentable.	

Fuente: RENAC.

4 RESULTADOS DE LA ENCUESTA A ASOCIADOS DE CANAINCA

Durante el último trimestre de 2019, se diseñó y aplicó una encuesta dirigida a todos los miembros de CANAINCA. Del total de 36 miembros de la Cámara las cuales en total agrupan 81 plantas de manufactura/procesamiento, la encuesta fue respondida por solo una quinta parte de los miembros (7 miembros). Por lo cual, aunque se obtuvieron datos valiosos durante la encuesta, no es posible afirmar que son los más representativos del sector.

Los principales resultados obtenidos de la encuesta se presentan a continuación.

a) Operación anual

- Las empresas trabajan normalmente alrededor de 300 días al año; de lunes a sábado de 1, 2 y hasta 3 turnos por día.
- Usualmente las empresas clasificadas como pequeñas son las que laboran 1 turno diario, mientras que las medianas y grades de 2 a 3 turnos.

b) Sustentabilidad

El 57% de los asociados incluyen dentro de sus objetivos corporativos el tema de sustentabilidad, pero sólo el 43% cuenta con un departamento o área encargada de la gestión de la energía o temas afines.

Sin embargo, es importante resaltar que un porcentaje mayor (71%) tiene experiencia o ha desarrollado algún estudio y/o proyecto relacionado a la eficiencia energético y/o energías renovables; las acciones emprendidas han sido:

Diagnósticos energéticos para identificar mediadas de ahorro energético.

Estudios de factibilidad para aprovechamiento del recurso solar (fotovoltaico y fototérmico).

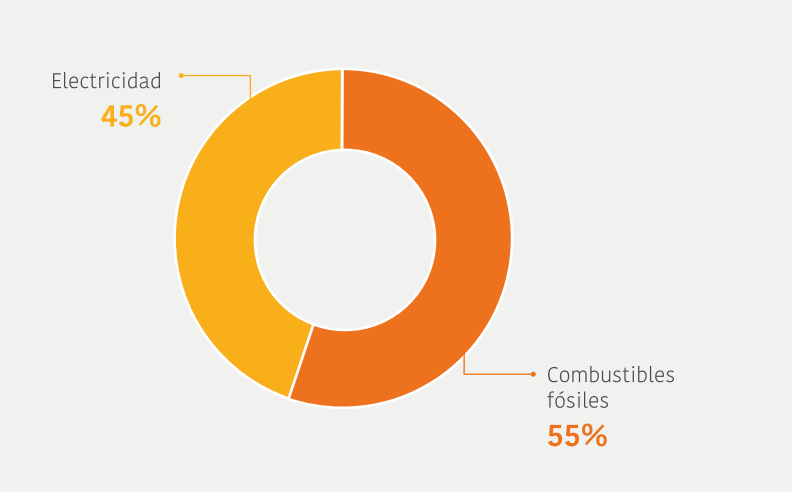
- Proyecto para sustituir combustibles fósiles más baratos (de Diésel a Gas LP, y de Gas LP a Gas Natural).
- Proyectos de cogeneración para generar su propia electricidad y calor.

En cuanto a la implementación de proyectos de aprovechamiento del recurso solar, solo 1 empresa ha implementado proyectos de ese tipo (generación de agua caliente)

c) Consumos de energía (electricidad y combustibles fósiles para generar calor)

Del total de energéticos empleados en las plantas industriales, el de mayor intensidad por su consumo son los combustibles fósiles (el Gas Natural, gas LP y/o el Diésel) con el 55%, mientras que el consumo de electricidad, mayoritariamente suministrada a través de la CFE, representa el 45% (ver Gráfica 21).

Gráfica 21. Porcentaje respecto al consumo total de energía en la planta ($kWhel_{éctricos}$ y $kWh_{térmicos}$).

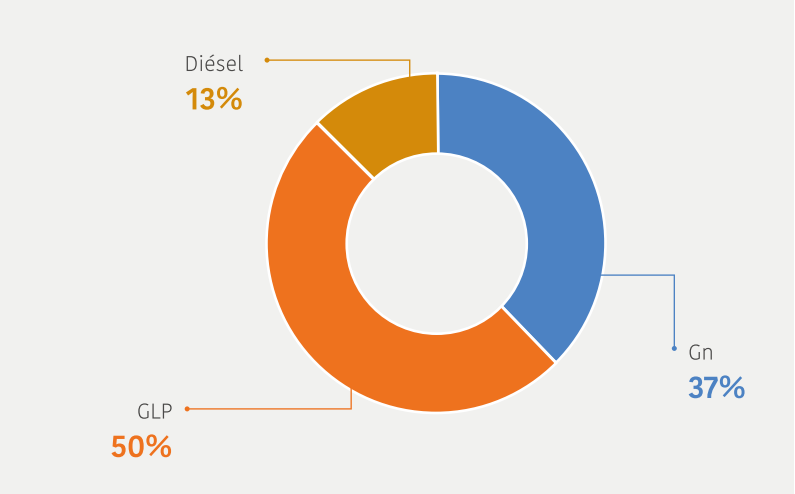


Fuente: Elaboración propia.

d) Combustibles fósiles utilizados para la generación de calor

El combustible fósil más utilizado en la muestra de plantas industrial es el Gas LP, con una contribución del 50%, seguido del Gas Natural con una contribución del 38%, y finalmente el Diésel con el 12%.

Gráfica 22. Estructura en el uso de combustibles fósiles.

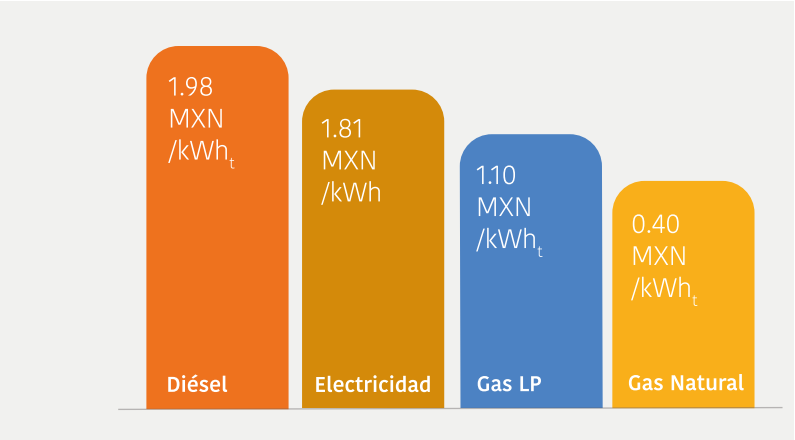


Fuente: Elaboración propia.

e) Costo de la energía (electricidad y combustibles fósiles)

De los costos compartidos el energético más económico por unidad de suministro sigue siendo el Gas Natural, con un costo de 0.40 MXN$/kWht, seguido del Gas LP con un costo de 1.10 MXN$/kWht, posteriormente la electricidad a 1.81 MXN$/kWh, aunque el precio de este último depende en gran medida de la tarifa eléctrica contratada, o si la empresa tiene algún contrato de cobertura eléctrica con otro proveedor que no sea la CFE; y finalmente el diésel con un precio de 1.98 MX$/kWht (ver Grafica 23).

Gráfica 23. Costo de energéticos.

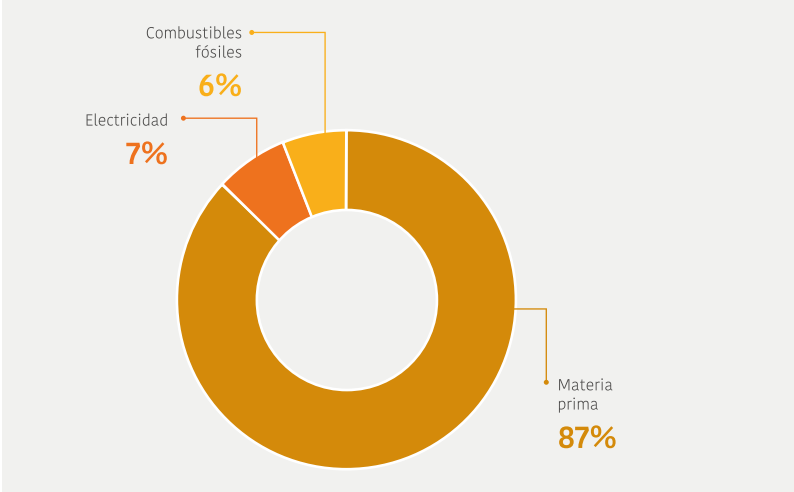


Fuente: Elaboración propia.

f) Relevancia de los energéticos respecto a los costos totales de producción

El costo de la energía, dentro del costo total de producción representa como máximo el 13%; el 7% corresponde a la electricidad por ser el energético más caro, mientras que el 6% corresponde a los combustibles fósiles.

Gráfica 24. Estructura en el uso de combustibles fósiles.

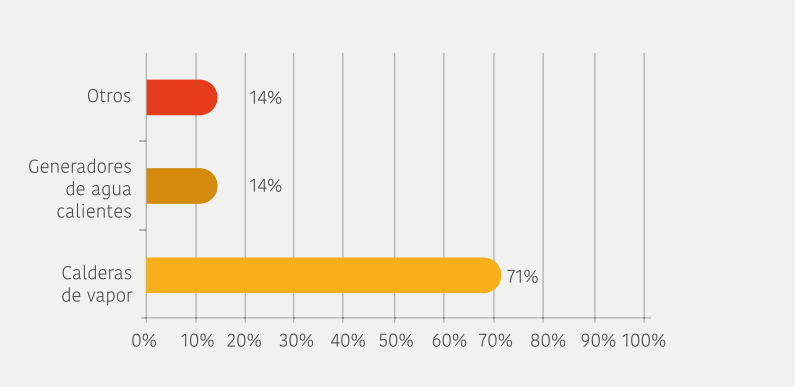


Fuente: Elaboración propia.

g) Equipos para la generación de calor

La industria utiliza regularmente calderas para la generación de vapor, y éstas operan a una presión de aproximadamente 7-9 kg/cm2, que a nivel temperatura le corresponde entre 170 y 180 °C. En la Gráfica 25 se presenta el porcentaje de utilización de los equipos empleados para la producción de calor.

Gráfica 25. Equipos utilizados para la generación de calor.



Fuente: Elaboración propia.

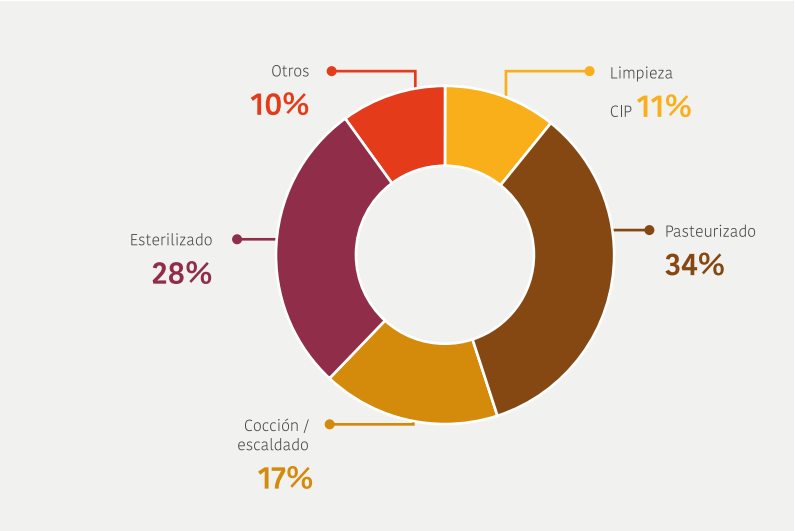
h) Procesos industriales que requieren calor

Los procesos reportados en la industria de conservas alimenticias son:

- Limpieza CIP
- Pasteurización
- Cocción / escaldado
- Esterilizado y
- Algunos otros (secado, fundición de producto, deshidratado, etc.).

De acuerdo con la información recabada durante la encuesta, los procesos que consumen más energía son la pasteurización con el 33% y la esterilización con el 27% (ver Gráfica 26), seguido de la cocción/escaldado con el 17%, los procesos de limpieza – CIP con el 11% y otros (fundición de producto, deshidratado, etc.) con el 10%.

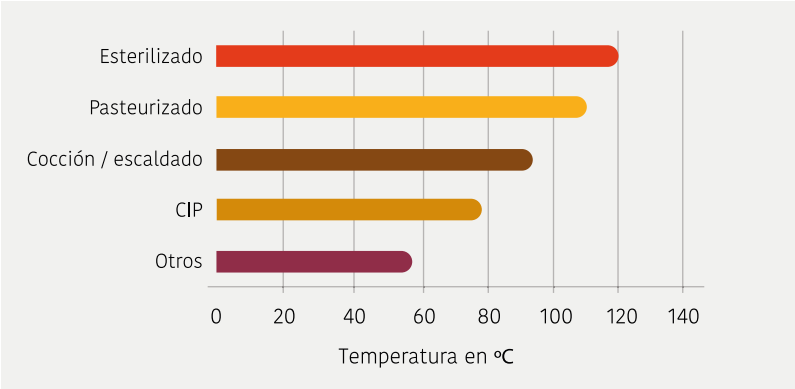
Gráfica 26. Distribución del consumo de calor en diferentes procesos.



i) Temperatura de los procesos

Existe un abanico amplio de temperaturas de operación en función de la etapa del proceso, las cuales van desde los 45 °C, asociadas a las operaciones de limpieza - CIP, hasta temperaturas de 120 °C normalmente relacionadas a procesos de pasteurización y de esterilización. Los procesos de mayor temperatura reflejan condiciones y prácticas rigurosas de inocuidad; usualmente los técnicos responsables en planta consideran dichos procesos crítico y evitan cualquier intervención tecnológica que no sea exclusiva del propio proceso.

Gráfica 27. Temperaturas utilizadas en los procesos.



Fuente: Elaboración propia.

La información recabada sobre el uso de energía para generación de calor en este sector nos permite afirmar que la tecnología de calor solar es adecuada por las temperaturas y usos encontrados. En el siguiente capítulo se amplía con más detalle las recomendaciones para transitar hacia una fuente de calor limpia como lo es el calor solar.

5 RECOMENDACIONES PARA LAS PLANTAS INDUSTRIALES DEL SECTOR

Los procesos industriales del sector de las conservas alimenticias son adecuados para utilizar tecnología de calor solar, sin embargo, existen algunas oportunidades antes de paras a las energías renovables y se trata de mejorar la eficiencia energética de las plantas.

También existen recomendaciones para plantas donde ya cuenten con un buen sistema de gestión de la energía que puedan evaluar proyectos de calor solar ahora que conocen el estatus del mercado en México y los beneficios que pueden conseguir.

5.1 OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Además de la información del cuestionario, se elaboraron tres estudios de prefactibilidad para la incorporación de calor solar en tres plantas industriales de diferentes grupos empresariales, así se identificaron las siguientes oportunidades:

- Se recomienda ampliamente que las empresas miembros de CANAINCA refuercen acciones para implementación de sistemas de gestión de energía al interior de las organizaciones y sus plantas industriales, con el fin de introducir buenas prácticas y mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia, uso y consumo. La identificación y aplicación de medidas de eficiencia energética previo al análisis de factibilidad de incorporar proyectos de calor solar puede ser un factor decisivo para alcanzar la viabilidad financiera atractiva y técnica.
    - Algunas medidas de ahorro de energía que pueden implementarse rondan periodos de retorno de inversión menores a 1.5 años, las cuales están asociadas principalmente a:
        - Mantenimiento,
        - Reparación de fugas,
        - Reparación / reemplazo / instalación de trampas de condensado,
        - Optimización de purgas en la caldera,
        - Uso eficiente de agua caliente/vapor,
        - Carburación adecuada de la caldera y/o generador de agua caliente, y
        - Adecuada administración de la carga de la caldera y/o generador de agua caliente.
- Otras acciones de ahorro de energía que alcanzan típicamente periodos de retorno de inversión entre 1.5 a 4 años (1.5 años < PSRI < 4 años) incluyen:
    - Aislamiento térmico de superficies calientes (tanques y tuberías),
    - Recuperación de condensados (suelen tirarse al drenaje)
    - Recuperación de calor de las purgas.
- Es importante señalar que las medidas de ahorro de energía relativas o relacionadas con el mantenimiento pueden representan el 26% del ahorro total identificado; se debe motivar a las empresas para implementar de forma inmediata estas acciones.
- La implementación de las medidas antes descritas contribuye de manera importante a la optimización del uso de calor en las plantas industriales, por lo que el dimensionamiento del proyecto solar tendrá mejores resultados. Generar calor solar para alimentar fugas de calor presentes es un gran riesgo, pues se podrían diluir los ahorros y no visualizarlos al momento del seguimiento al desempeño energético y económico del sistema solar.

5.2 CONSIDERACIONES PARA LA INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA SOLAR

Para la integración de un proyecto de calor solar se recomienda llevar a cabo los siguientes pasos: a) Definición de la estrategia, b) análisis de factibilidad, c) implementación de la estrategia y d) monitoreo y seguimiento.

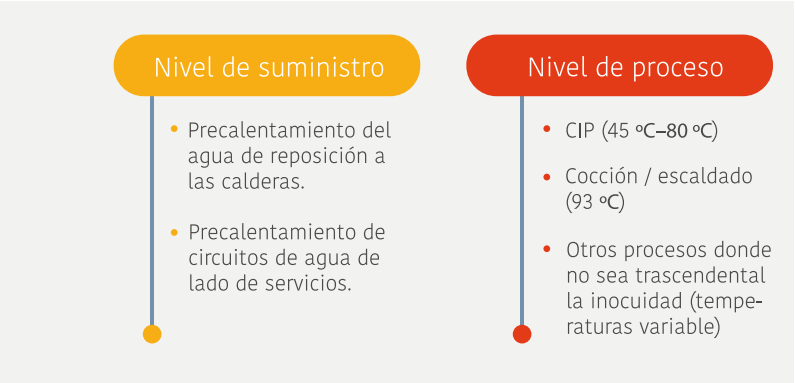
a) Definición de la estrategia:

Con base en los objetivos de la empresa, se realiza un análisis de los consumos y costos del calor utilizado en los diferentes procesos, se reúne información básica como la ubicación geográfica de la planta por la irradiación solar disponible, la disponibilidad de espacio (ya sea en techos, estacionamientos, etc.), la propiedad de la planta (si es una nave rentada por ejemplo), el nivel de integración (precalentamiento o directo a un proceso), el tipo de combustible que se va a sustituir (o reducir) y una comparación de las tecnologías de acuerdo a las temperaturas necesarias.

Es fundamental elegir el nivel al cual se va a integrar el proyecto, ya sea a nivel suministro (con un enfoque de precalentamiento, por ejemplo) o a nivel de un proceso en particular, para así dimensionar y elegir la tecnología más adecuada.

Se detectó de forma inicial puntos de integración a Nivel Suministro, para el precalentamiento del agua de reposición para calderas, así como el precalentamiento de circuitos de recirculación de agua caliente que se utiliza como fluido de trabajo en circuitos indirectos para calentamiento de procesos (ver Figura 19). Por su parte, la integración a Nivel Proceso se centra en aquellos referidos procesos donde la inocuidad no juega un papel crítico, ya que existe el temor de contaminación, en este sentido se contemplan aquellos procesos donde se utiliza agua cruda (CIP, procesos de cocimiento, o algunos otros), ver Figura 19.

Figura 19. Puntos posibles de integración de la tecnología termo solar en los procesos.

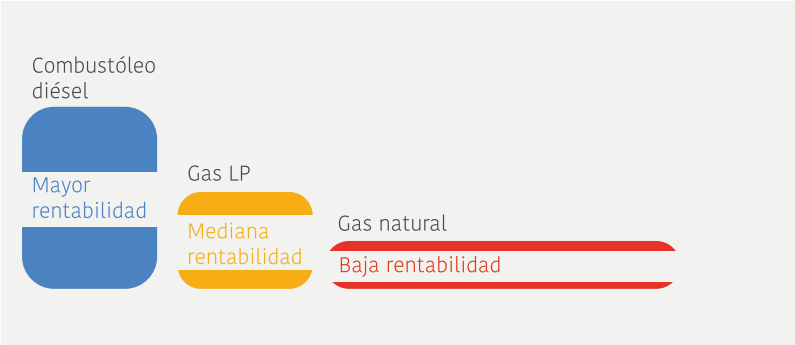


Fuente: Elaboración propia.

Considerar el combustible a sustituir ya que juega un papel importante en la factibilidad de los proyectos termo-solares.

Actualmente el precio tan bajo del gas natural ocasiona que la rentabilidad no sea tan atractiva como lo pudiese ser con otros combustibles como el GLP, diésel o incluso hasta el combustóleo. Si en la planta usan un combustible caro, será más rentable la tecnología termo solar.

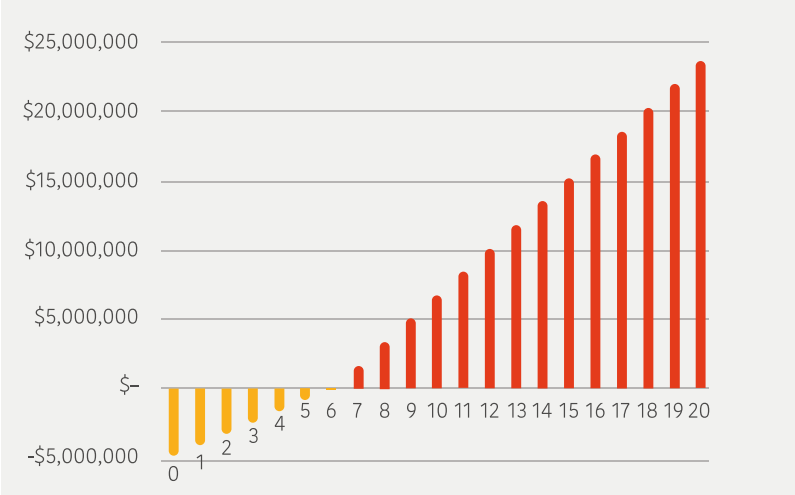
Figura 20. Rentabilidad de la tecnología termo solar de acuerdo con el combustible a sustituir.



Fuente: Elaboración propia.

En este sentido los proyectos deben justificarse a lo largo del ciclo de vida de la tecnología, es decir mostrando gráficamente los beneficios que se obtendrán por la implementación del proyecto y los ahorros potenciales (ver el flujo de efectivo a lo largo del ciclo de vida del proyecto en la Gráfica 28).

Gráfica 28. Flujo de efectivo de un proyecto termo solar.



Fuente: Elaboración propia.

b) Análisis de factibilidad:

Una vez establecida la estrategia es necesario revisar la factibilidad técnica del proyecto, muy probablemente esto implica identificar a potenciales proveedores y sus modelos de negocio, realizar visitas en campo y verificar que los procesos son energéticamente eficientes. Además de una exploración más a detalle de las características técnicas de la tecnología seleccionada y las certificaciones con las que cuenta.

Algunos de los aspectos que se recomienda considerar al seleccionar la tecnología son:

- La temperatura de operación típica del colector cumple con los requisitos para el calor industrial.
- El diseño es apto para el fluido que portará el calor (agua, aceite, etc.)
- Certificación según normas nacionales o internacionales como:

    - Solar KEYMARK (Europa).
    - Solar Rating & Certification Cooperation, SRCC (EE.UU.).
    - Bureau of Indian Standards (BIS).
    - NMX-ES-001-NORMEX (México)*.
    - South African Bureau of Standards (SABS)*.
    - Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología,
    - INMETRO (Brasil)*.
    - Estándar nacional chino*.

- Rendimiento energético certificado por una tercera parte acreditada.
- Suficiente resistencia a la presión.
- Manejo adecuado del estancamiento y prevención del sobrecalentamiento.
- Peso adecuado para la instalación sobre tejado o tamaño apropiado para instalación sobre el suelo.

Por otra parte, es ampliamente recomendable que el proveedor de la tecnología tenga la competencia laboral que acredite capacidades para la instalación de la tecnología solar. Actualmente existen 2 estándares de competencia en los cuales se pueden certificar los instaladores:

- EC0325.- Instalación de sistemas de calentadores solares de agua termo-sifónicos en vivienda sustentable.
- EC0473.- Instalación del sistema de calentamiento solar de agua de circulación forzada con termotanque.

c) Implementación de la estrategia:

El siguiente paso recomendado es que para la implementación se realice un proceso de licitación, se deben diseñar unas Bases del Concurso y establecer una matriz de evaluación para las ofertas que se reciban. Posteriormente se analizan y evalúan las propuestas de los desarrolladores y se negocian los contratos correspondientes.

c) Implementación de la estrategia:

Ya sea que se tenga un contrato con una ESCO, se arrende el proyecto o sea propio de la empresa, es importante realizar un control y monitoreo para corroborar el cumplimiento de las condiciones contractuales acordadas, la obtención de los ahorros esperados y poder actuar acorde con ello.

Con esto concluimos que la inversión en calor Solar para procesos industriales puede:

- Eliminar costos de combustible fósil
- Reducir el riesgo asociado con el aumento o la volatilidad de los precios del combustible
- Servir con propósitos de mercadotecnia (atraer clientes ambientalmente conscientes)
- Reducir las emisiones de CO_2
- Integrarse mediante “Outsourcing” de negocios no centrales de la empresa a través de modelos de contratación a terceros (ESCO) para que la empresa sigua enfocada en su negocio principal
- Tener retornos de inversión de entre 2 y 8 años

El sector de las conservas alimenticias en México tiene grandes oportunidades con el calor solar de proceso, una generación limpia, renovable y competitiva.

Figura 21. Impulsores para la expansión de energía solar térmica en México.

Fuente: Programa DKTI Solar, GIZ México.

Canainca

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH