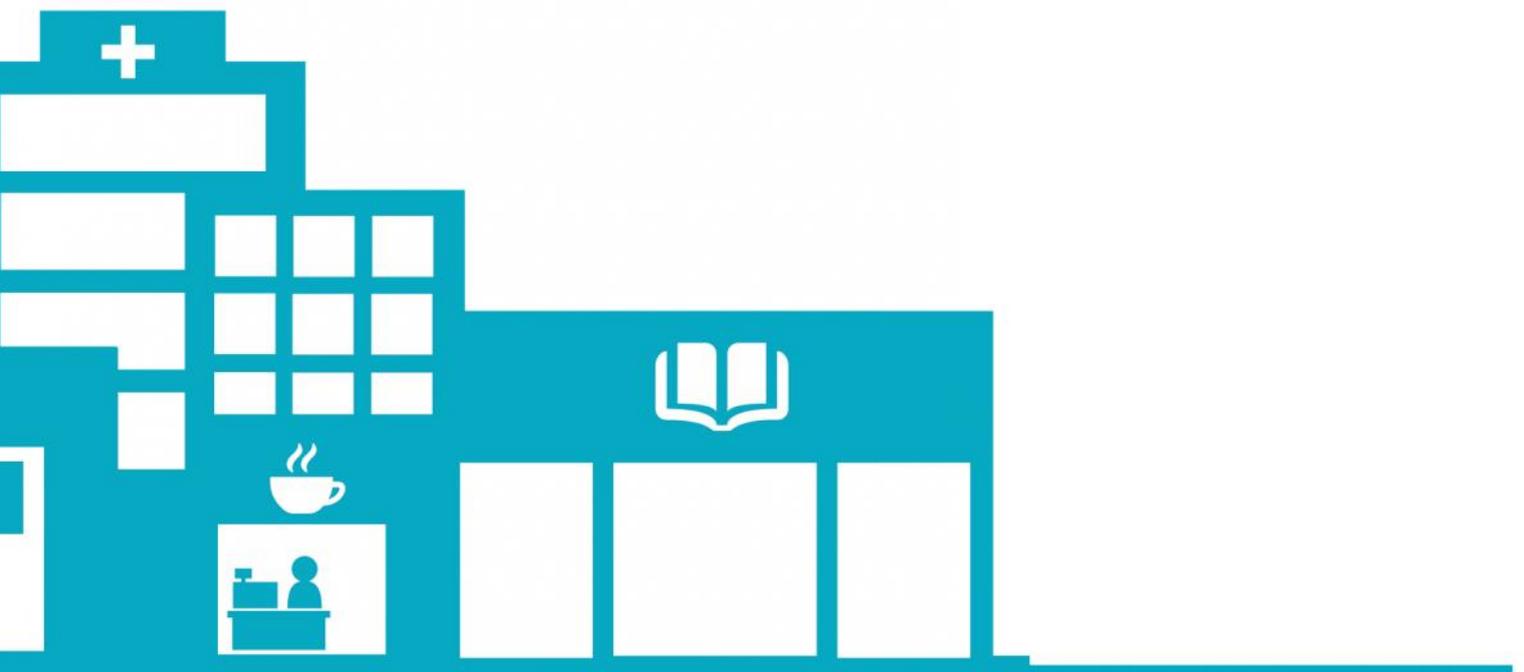


NAMA PyME

Caracterización de tecnologías y aplicaciones térmicas en el sector PyME. Selección de tecnologías para un programa de sustitución, reconversión masiva y elaboración de escenarios



Caracterización de tecnologías y aplicaciones térmicas en el sector PyME. Selección de tecnologías para un programa de sustitución, reconversión masiva y elaboración de escenarios.

giz

por encargo de



Ministerio Federal de
Cooperación Económica
y Desarrollo



México, D.F., 26 de noviembre de 2012

La Secretaría de Energía y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Cooperación Alemana al Desarrollo) por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó bajo el marco del “Programa Mexicano-Alemán para NAMA”, el cual se implementa como parte de la Iniciativa Internacional sobre Cambio Climático (IKI), que ha sido comisionada a GIZ por encargo del Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB por sus siglas en alemán). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de la Secretaría de Energía 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.

SENER / GIZ

Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores, como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME, México, D.F., Septiembre del 2012

Edición y Supervisión: Adrián Ruiz Carvajal, Ernesto Feilbogen

Autor(es): Ingeniería Energética Integral (Ing. Alfredo Aguilar Galván, Ing. Pavel Carlos Moreno, Ing. Arturo Carbajal Reyes, Ing. Alejandro Adame González, Ing. Roger García Neri, Lic. Patsy Palacios Lozada).

Diseño: GIZ México

Impreso en México

© SENER – Secretaría de Energía
Av. Insurgentes Sur 890
Col. Del Valle
C.P. 03100, México, D.F.
T 52 55 50006000
I www.energia.gob.mx

SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Av. San Jerónimo 458, 3er Piso
Col. Jardines del Pedregal
C.P. 01900, México, D.F.
T 52 55 54902127
I www.semarnat.gob.mx

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Dag-Hammerskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Alemania
www.giz.de

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, Piso 15, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez
C.P. 03100, México, D.F.
T +52 55 55 36 23 44
F +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/
<http://www.giz.de/en/worldwide/33041.html>

Índice de Contenido

Contenido	
Índice de Tablas.....	5
Índice de Gráficas.....	6
Listado de abreviaturas.....	6
1 Resumen Ejecutivo.....	7
1.1 <i>Antecedentes</i>	7
1.2 <i>Alcance</i>	7
1.3 <i>Resultados</i>	7
2 Introducción.....	9
2.1 <i>Consumidores PyME de Energía Térmica</i>	9
3 Tarea 1: Caracterizar las tecnologías y aplicaciones térmicas identificadas en el estudio PyME GIZ, en función de criterios relevantes	10
3.1 Consumidores PyME de Energía Térmica	10
3.2 Medidas para Ahorrar Energía.....	12
3.3 Sistemas térmicos en PyME	15
<i>Potencial de Ahorro</i>	16
4 Tarea 2: Elaborar un catálogo de equipos / tecnologías y proveedores del sector térmico.	17
4.1 Calderas (Generadores de vapor).....	17
4.2. Calentadores de agua industriales.	28
4.3. Quemadores de alta eficiencia	32
5 Tarea 3: Seleccionar y justificar las tecnologías térmicas más adecuadas para un programa de sustitución / reconversión masivo.....	33
6 Tarea 4: Parametrizar ahorros de energía y emisiones de las tecnologías seleccionadas, tomando como referencia los lineamientos FIDE	35
6.1 Propuesta 1. Sustitución de calderas ineficientes por otras de mayor eficiencia.	35
6.1.1 Información general	35
6.1.2 Potencial de ahorro de energía y emisiones.....	36
6.2 Propuesta 2. Sustitución de quemadores por otros de mayor eficiencia.	40
6.2.1 Información General.....	40
6.2.2 Información Técnica.....	42

6.3	Propuesta 3. Sustitución de calentadores de agua convencionales por calentadores solares.....	45
6.3.1	Información General.....	45
6.3.2	Información Comercial.....	48
7	Tarea 5. Elaborar escenarios de ahorro de energía y emisiones de GEI para diversas combinaciones (“mix”) de tecnologías térmicas.....	49
8	Conclusiones y Recomendaciones.....	53

Índice de Tablas

Tabla 1.- Consumo térmico de las PyME	11
Tabla 2.- Sistemas térmicos en las PyME	15
Tabla 3.- Potencial de ahorro energético en los sistemas térmicos	16
Tabla 4.- Capacidades de calderas de principales fabricantes	19
Tabla 5.- Consumo promedio de combustible en calderas de vapor	20
Tabla 6.- Consumo de combustible por hora de una caldera	21
Tabla 7.- Emisiones de CO ₂ de calderas en función del combustible utilizado	22
Tabla 8.- Potencial de ahorro de energía para una caldera de 50 CC.....	23
Tabla 9.- Potencial de reducción de emisiones de GEI por la sustitución de calderas.....	23
Tabla 10.- Estimación de la cantidad de calderas por tipo de combustible.....	25
Tabla 11.- Precio de las calderas.....	25
Tabla 12.- Distribución de calderas según su antigüedad	26
Tabla 13.- Comparación entre un calentador eléctrico y uno de gas LP.....	29
Tabla 14.- Consumo por hora de calentadores	30
Tabla 15.- Estimación de emisiones de GEI.....	31
Tabla 16.- Costo de calentadores de agua.....	31
Tabla 17.- Inventario de aplicaciones térmicas en proyectos de ahorro de energía, IEI	34
Tabla 18.- Eficiencia típica de calderas tipo paquete con base en el poder calorífico superior	35
Tabla 19.- Potencial según la capacidad de la caldera y el combustible utilizado	36
Tabla 20.- Consumo y potencial de ahorro y disminución de emisiones en calderas	38
Tabla 21.- Consumo de una caldera estándar y el consumo equivalente con quemadores de alta eficiencia	42
Tabla 22.- Potencial de reducción del GEI utilizando diversos combustibles.....	43
Tabla 23.- Extrapolación del potencial de reducción del GEI utilizando gas natural	44
Tabla 24.- Potencial de ahorro al sustituir calentadores convencionales.....	48
Tabla 25.- Escenario 1, Potencial de ahorro y reducción de GEI	49
Tabla 26.- Escenario 2	50
Tabla 27.- Escenario 3.....	50
Tabla 28.- Escenario 4.....	51
Tabla 29.- Escenario 5.....	52

Índice de Gráficas

Gráfica 1.- Distribución del Consumo térmico de PyME	8
Gráfica 2.- Distribución del consumo térmico de PYMES	11
Gráfica 3.- Frecuencia de Aplicaciones Térmicas en PyME	30

Listado de Abreviaturas

PECC	Programa Especial de Cambio Climático
CONAE	Comisión Nacional para Ahorro de Energía
SE	Secretaría de Economía
CFE	Comisión Federal de Electricidad
ATPAE	Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética
FIDE	Fideicomiso para Ahorro de Energía Eléctrica
SENER	Secretaría de Energía
CANACINTRA	Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
GEI	Gases Efecto Invernadero
PIB	Producto Interno Bruto
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
PAESE	Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico
PJ	PetaJoules
MWh	Mega Watt hora
Tarifa OH	Tarifa eléctrica ordinaria en media tensión
Tarifa HM	Tarifa eléctrica horaria en media tensión

1 Resumen Ejecutivo

1.1 Antecedentes

Este proyecto tiene como objetivo identificar las tecnologías susceptibles de sustitución o reconversión masiva en el sector de la Pequeña y Mediana Empresa (PyME) en México, que conlleven a ahorros de energía térmica, ahorros de combustibles y menor emisión de gases efecto invernadero (GEI).

1.2 Alcance

El alcance del proyecto abarca sólo el sector PyME y es exclusivamente referente a aplicaciones térmicas, no realiza análisis financieros, ni estimación o determinación de ahorros económicos. Por tanto, implica sólo la viabilidad tecnológica de aplicar medidas de mitigación para ahorro de energía térmica y disminución de GEI. Una condición de las soluciones propuestas fue que se encontraran disponibles en el mercado mexicano, contando con distribuidores, consultores, instaladores y comercializadores en territorio nacional. Esta información forma parte de un catálogo de equipos, medidas factibles de aplicarse, así como proveedores. Este trabajo pretende identificar y seleccionar tecnologías térmicas ahorradoras que sean susceptibles de formar parte de un programa de sustitución masiva de equipos.

1.3 Resultados

La energía térmica (en forma de calor) es utilizada en muchos sectores PyME, entre los que destacan la producción de alimentos, bebidas embotelladas, lácteos, empresas textiles, productoras de cartón y papel, galvanoplastia, materiales de construcción, impresoras, mineras, metalmecánicas, farmacéuticas, fundidoras, productoras de auto partes, de plásticos, de hule, químicas, cerámicas, madereras, hoteles, baños públicos y clubes deportivos, entre otros.

En México se calcula que existen cerca de 5 millones de micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyME), el 40% de las cuales utiliza alguna forma de energía térmica ya sea en forma de vapor, agua caliente o algún fluido térmico, o mediante fuego directo. Conforme al Balance Nacional de Energía, y tomando el consumo de las PyME como aquél correspondiente a “otras ramas industriales”, “sector comercial” y “sector agropecuario”, el consumo de energía de las PyME se estima en 442.85 PJ anualmente.

Los equipos de mayor consumo de energía térmica dentro de las PyME son calderas, calentadores de agua, secadores, hornos de proceso y equipos de cocción. Dentro de este rubro se considera posible aplicar diversas medidas para ahorro de energía que podrían reducir entre 10 y 15% los consumos térmicos. Una extrapolación de este ahorro permite estimar el potencial de ahorro energético por aplicación de estas medidas en aproximadamente 44.29 PJ anuales, lo que representa al menos 1.1% del consumo anual nacional térmico.

Ahorrar energía es un objetivo común en todo tipo de empresa y, para determinar con precisión el monto de ahorros que puede existir en una instalación, es necesario realizar un diagnóstico energético especializado. Sin embargo, existen indicadores que pueden proveer información

sobre las posibilidades de ahorro en una instalación, tales como la edad del equipo y su correspondiente deterioro, tipo de equipo (estándar/convencional o de alta eficiencia), marca, modelo y precio de adquisición.

Se identificaron 3 equipos ahorradores como los más adecuados para un esquema de sustitución masivo, mismos que se detallan a continuación.

Sustitución de Calderas

En México se estima, a partir del volumen de ventas reportado por la Secretaría Economía y de proyectos de ahorro de energía realizados por Ingeniería Energética Integral, existan en operación alrededor de 500,000 calderas. De ellas se calcula en función de resultados obtenidos en proyectos de ahorro de energía realizados por IEI, que 150,000 pueden ser eficientes; 190,000 con más de 15 años de operación, ideales para ser reemplazadas por calderas de alta eficiencia energética con un potencial de ahorro del 13%; y 160,000 deben tener entre 8 y 15 años de antigüedad, con un potencial de ahorro de alrededor del 8%. La sustitución de calderas ineficientes por calderas de alta eficiencia evidencia un potencial de ahorro de casi 17 PJ anuales, con un beneficio de mitigación de GEI de 882,898 Toneladas Equivalentes de CO₂.

Sustitución de Quemadores

El quemador es el aditamento capaz de convertir el combustible usado en potencia térmica a través de la combustión. Los fabricantes han evolucionado en el diseño de estos equipos de tal manera que pueden regular la geometría, intensidad, relación aire-combustible, forma y tiempo de operación. Sustituir quemadores es factible tanto en calderas como en otros equipos térmicos, pues se estima un potencial de ahorro del 4.3%. La sustitución de quemadores en las calderas ineficientes muestra un potencial de ahorro de 11.2 PJ anuales, con un beneficio de mitigación de GEI de 583,199 Toneladas Equivalentes de CO₂.

Sustitución de calentadores de agua

El uso de estos equipos es abundante en pequeñas empresas para elevar la temperatura del agua, en muchos casos a temperaturas moderadas apenas superiores a los 40 °C. Se calcula que en las PyME existen 1.5 millones de calentadores de agua y se estima que consumen 61 PJ anuales. El principal potencial de ahorro resulta del uso de calentadores solares, los cuales presentan un potencial de ahorro del 30% equivalente a 18.3 PJ.

2 Introducción

En México las PyME constituyen más de 99% del total de las unidades económicas del país, representan alrededor de 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y contribuyen a generar más de 70% de los empleos formales.¹

2.1 Consumidores PyME de Energía Térmica

Para fines del presente estudio se asigna del Balance Nacional de Energía de año 2011, como consumo de las PyME el correspondiente a “otras ramas industriales”, el “consumo del sector comercial” y el “sector agropecuario”, los cuales suman 500.51 PJ anualmente.

Los equipos de mayor consumo térmico son calderas, calentadores de agua, secadores, hornos de proceso y equipos de cocción. Dentro de este rubro se considera posible aplicar diversas medidas para ahorro de energía que podrían reducir entre 10 y 15% los consumos térmicos.

El potencial de ahorro energético por aplicación de medidas de eficiencia energética-térmica es de al menos 50 PJ anuales, lo que representa 1.3% del consumo anual nacional térmico.²

Distribución del Consumo Térmico de PyMEs

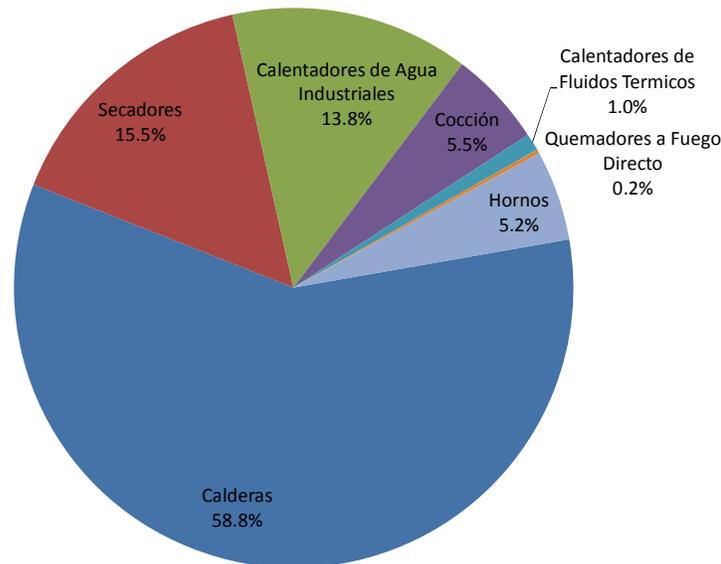


Ilustración 1. Distribución del Consumo térmico en PyME.³

¹ http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/p_Contacto_PyME

² Balance Nacional de Energía del año 2011 publicado por la SENER

³ Inventario de proyectos de IEI.

3 Tarea 1: Caracterizar las tecnologías y aplicaciones térmicas identificadas en el estudio PyME GIZ, en función de criterios relevantes

3.1 Consumidores PyME de Energía Térmica

Las aplicaciones térmicas de las PyME son diversas, dependen del tipo de empresa y pueden agruparse en la siguiente distribución:

Calderas

Son los equipos utilizados con más frecuencia en las PyME y son responsables del mayor consumo de combustible en una empresa. Se utilizan para generar el vapor requerido en muchos procesos productivos, por ejemplo en la industria de alimentos para controlar las presiones y temperaturas de preparación de muchos productos. Se puede utilizar el vapor para reducir o eliminar contaminantes en algunos procesos, para facilitar el fraccionamiento de los componentes de hidrocarburos y para diferentes tipos de secadores. Muchos otros equipos térmicos son dependientes del vapor producido en las calderas como los intercambiadores de calor, secadores, calentadores de agua y otros fluidos, hornos, etc.

Secadores

El secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y con frecuencia el producto que se extrae de un secador va directamente al empaquetado. Los secadores se utilizan en la industria alimentaria, industria textil, química, talleres de pintura, producción automotriz, empresas madereras etc. Existen diferentes tipos, muchos de ellos utilizan vapor como fuente energética, otros quemadores directos agua o algún fluido caliente, también los hay de resistencia eléctrica. Se estima que son el segundo sistema térmico en importancia, después de las calderas.

Calentadores de Agua

En las PyME se consideran en tercer lugar de consumo de energía térmica, su uso y aplicaciones es muy variado. Entre los combustibles que más se usan se encuentran el gas natural, gas LP y la electricidad. El gas natural el más económico, sin embargo este gas no siempre está disponible sobre todo en lugares apartados, por lo cual existe abundancia de los que usan gas propano o gas LP.

Hornos Térmicos

Un horno es un dispositivo que genera calor y lo mantiene dentro de un compartimiento cerrado o semiabierto. En la industria se utiliza para realizar tratamientos térmicos sobre los materiales para obtener propiedades químicas, farmacéuticas, alimenticias, mecánicas y microestructuras deseadas para algún uso particular (mediante el agregado de temperatura y/o el método de enfriado). Al igual que los otros sistemas, existe una diversidad de tipos dependiendo de la aplicación deseada.

Quemadores a fuego directo

Son equipos requeridos dentro de la industria principalmente metalmeccánica, de autopartes, química y petroquímica para suministrar grandes cantidades de energía a procesos a partir de la combustión de combustibles líquidos y gaseosos. La finalidad es elevar su temperatura y modificar sus características químicas y físicas, para cumplir con las condiciones requeridas de producto. Son equipos de uso muy particular y especializado.

Calentadores de fluidos térmicos

Se utilizan con el propósito elevar la temperatura indirectamente a fluidos que no pueden ser calentados directamente con fuego, agua caliente, vapor o electricidad. Son utilizados para calentar materiales inflamables, favorecer la descomposición térmica del material, suministrar calor en número importantes de puntos de consumo considerable y calentamiento regular a temperatura elevada. Es común su uso en la industria química, petroquímica, textil y de pinturas.

Producción Eléctrica

Un último uso de los combustibles es la producción de electricidad. Algunas PyME la usan principalmente como fuente de respaldo en caso de ausencia de suministro por parte de CFE, utilizando plantas de emergencia que comúnmente utilizan diesel. Pocas empresas utilizan máquinas de generación de combustión interna o micro turbinas de gas para generar electricidad en el denominado horario punta de suministro eléctrico, otras las utilizan como sistema de cogeneración de energía.

Distribución de los sistemas térmicos

Retomando el consumo anual estimado de 442.85 PJ y extrapolando los resultados obtenidos en casi 200 diagnósticos energéticos realizados por el autor, la desagregación del consumo térmico en PyME se estima como sigue:

Tabla 1.- Consumo térmico de las PyME

Sistema Térmico	% Relativo	Consumo calculado, PJ
Calderas	58.77%	260
Secadores	15.50%	69
Calentadores de Agua	13.80%	61
Cocción	5.50%	24
Calentadores de Fluidos Térmicos	1.00%	4
Quemadores a Fuego Directo	0.23%	1
Hornos	5.20%	23

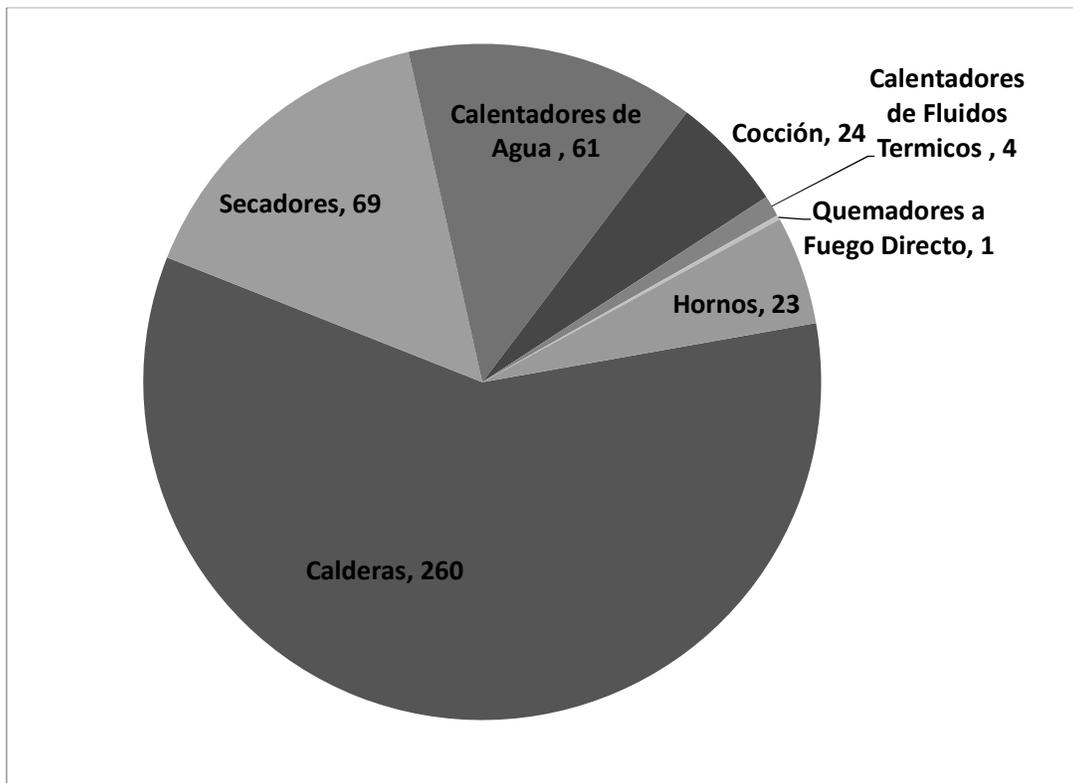


Ilustración 2. Distribución del consumo térmico de PYMES⁴

3.2 Medidas para Ahorrar Energía

En esta sección se presentan acciones derivadas de realizar diagnósticos energéticos y que han permitido a las empresas analizadas reducir sus pérdidas de energía y fomentar el funcionamiento eficiente de sus equipos.

⁴ Inventario de Proyectos de IEI

Calderas y generadores de vapor

- Distribución eficiente de carga en calderas en función de la eficiencia de planta.
- Utilización eficiente del mínimo de equipos.
- Regular la relación aire–combustible.
- Utilizar quemadores de alta eficiencia.
- Instalación de equipos de recuperación de calor (economizadores).
- Recuperar o incrementar el retorno de condensados.
- Aprovechar pérdidas de calor por radiación.
- Cogeneración de energía.
- Precalentar el agua y aire de alimentación.
- Utilizar trampas de vapor de calidad.
- Precalentar combustible.
- Sustitución de calderas.
- Aislamiento térmico de equipos y tuberías.
- Sustitución de aislamientos impregnados de agua o aceite.
- Control del flujo de vapor.
- Evitar fugas.
- Automatización de purgas.
- Diseño adecuado del equipo auxiliar.
- Optimizar redundancia en equipo auxiliar.
- Análisis y rediseño de tuberías y ductos.
- Análisis y mejoramiento de trazado térmico en tanques y tuberías.
- Diseño adecuado de eyectores.
- Limpieza de intercambiadores de calor.
- Controlar la calidad de agua de alimentación.
- Control de la combustión en función del agua de alimentación.
- Correcta ubicación y altura de extractores y ventiladores.

Secadores

- Regular la Relación aire – combustible.
- Utilizar quemadores de alta eficiencia.
- Precalentar el aire de alimentación.
- Precalentar combustible.
- Utilizar biomasa como combustible.
- Regular la temperatura de secado.
- Utilizar secadores solares.
- Automatizar la operación

Cocción o cocina de alimentos

- Optimizar la combustión.
- Utilizar quemadores de alta eficiencia.

- Descongelar antes de calentar.
- Utilizar utensilios de espesor adecuado.
- No mezclar zonas calientes y frías.

Generación de agua caliente

- Optimizar la combustión.
- Regular la temperatura de calentamiento.
- Utilizar intercambiadores de calor para calentar con fluidos calientes de proceso.
- Calentamiento solar.
- Utilizar calor de desperdicio.
- Precalentar el agua.
- Control de operación.
- Automatizar la operación.

Calentamiento de otros fluidos

- Regular la temperatura de calentamiento.
- Aprovechar fluidos caliente de proceso.
- Calentamiento solar.
- Utilizar calor de desperdicio.
- Utilizar el aceite térmico adecuado.
- Revisar tiros forzados o inducidos.
- Control de operación.
- Automatizar la operación.
- Quemadores a fuego directo.
- Optimizar la combustión.
- Utilizar quemadores de alta eficiencia.
- Utilizar reflectores de calor.

Hornos de procesos térmicos

- Regular la temperatura de operación.
- Regular la relación aire – combustible.
- Aislamiento térmico.
- Utilizar refractarios de calidad.
- Precalentar combustible, aire de alimentación y materiales a calentar.
- Utilizar campanas de recuperación de calor.
- Automatizar la operación.
- Aislar bóvedas, techos y pisos.

Producción eléctrica

- Utilizar gas natural.
- Instalación en un lugar ventilado.
- Adecuada distancia con equipos auxiliares.
- Cogenerar energía.

3.3 Sistemas térmicos en PyME

La tabla inferior muestra cada uno de los sistemas térmicos, desde la capacidad en potencia térmica que pueden encontrarse en la gama de equipos que incluyen. También se presenta una estimación de cuántos equipos pueden existir en operación en todo el territorio nacional. Se indican los rangos de eficiencia energética que los caracterizan, un rango de consumo energético en GJ anuales que considera dos turnos de operación por día para equipos menores (incluida una hora adicional de puesta en marcha de la caldera) y tiempo completo de trabajo para equipos mayores. Finalmente se extrapola este consumo a nivel nacional y en las PyME.

Tabla 2.- Sistemas térmicos en las PyME

Equipo térmico	Potencia	No. de Equipos En operación	Eficiencia		Consumo de Energía GJ/año		Consumo nacional TJ/año	Consumo en PyME %
			De	A	De	A		
Calderas	10 a 300 CC Caballos caldera	500,000 en operación 750,000 de respaldo	60%	90%	1,500	125,000	260.280	58.77%
Secadores	1 a 200 KW	260,000	60%	90%	16	8,000	68.641	15.50%
Calentadores de agua industriales	3 a 90 kWt	1,500,000	65%	90%	50	3,600	61.113	13.80%
Cocción	0.3 a 25 kWt	2,000,000	65%	85%	5	1,000	24.357	5.50%
Calentadores de fluidos térmicos	1.5 a 1000 kWt	40,000	80%	93%	30	39,500	4.429	1.00%
Quemadores a fuego directo	1 a 1000 kWt	18,500	70%	90%	16	39,500	1.002	0.23%
Hornos	1 a 15000 kWt	110,000	75%	93%	16	60,000	23.028	5.20%

Potencial de Ahorro

El cuadro inferior resume el potencial de ahorro energético que puede encontrarse en los sistemas térmicos. Se informa la medida principal para ahorrar energía, el potencial de ahorro que representa, el ahorro económico que puede producir utilizando como unidad la potencia térmica del sistema y el volumen de inversión expresado en forma semejante. Además se indica el tiempo de retorno que puede esperarse para cada una de las medidas.

Tabla 3.- Potencial de ahorro energético en los sistemas térmicos⁵

Sistema Térmico	Medida de ahorro	Potencial de ahorro por sustitución o reconversión	Ahorro económico	Costo	Tiempo de retorno (años)
Calderas	Sustitución de caldera eficiencia < 75 %	13%	\$13,500 / CC	\$30,000 / CC	4
	Sustitución de caldera eficiencia 75% a 80 %	5%	\$9,200 / CC	\$30,000 / CC	2
Secadores	Sustitución de quemadores	8%	\$2000 / kW	\$3,500 kW	3
	Sustitución por secadores solares	20 - 100%	\$4000 / kW	\$20,000 kW	5
Calentadores de agua industriales	Sustitución de quemadores	8%	\$2000 / kWt	\$3,500 kW	3
	Sustitución por calentadores solares	20 - 100%	\$4000 / kW	\$20,000 kW	5
Cocción	Sustitución de quemadores	8%	\$500 / estufa	\$3,500 kW	3
Calentadores de fluidos térmicos		8%	\$2800 / kW	\$6,500 kW	3
Quemadores a fuego directo		8%	\$2000 / kW	\$3,500 kW	3
Hornos		80%	\$2000 / kW	\$5,500 kW	3

⁵ Inventario de Proyectos de IEI

4 Tarea 2: Elaborar un catálogo de equipos / tecnologías y proveedores del sector térmico.

Los sistemas térmicos de mayor relevancia son las calderas y calentadores de agua, por ello se presenta grosso modo información relevante de ellos.

4.1 Calderas (Generadores de vapor)

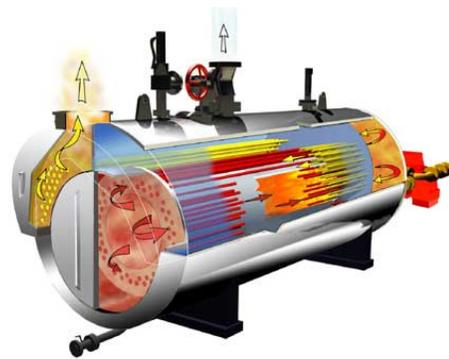
4.1.1 Introducción

Campo de Aplicación

El uso de estos equipos es para proveer vapor a procesos con presión controlada. En algunos casos se usa para mover mecánicamente a un equipo, para separar componentes, además de ser una fuente de agua para algunas reacciones de procesos. La energía en forma de vapor tiene muchas ventajas: baja toxicidad, facilidad de transporte, alta eficiencia, alta capacidad calorífica y bajo costo respecto a otras alternativas.

El 95% de las calderas de vapor que operan en forma industrial son del tipo tubos de humo (también llamadas piro-tubulares). La caldera de tubos de humo tiene sus limitantes en cuanto a capacidades (máximo 1500 C.C. = Caballos Caldera) y a sus presiones de operación (máximo 20 Kg/cm²).

Figura 1. Caldera de tubos de humo



Cuando se requiere de un tamaño mayor es conveniente, si es posible, dividir la capacidad de caldera requerida en 2 ó más calderas de tubos de humo o elegir una caldera de tubos de agua. Cuando se requiera de una presión mayor será necesario elegir una caldera de tubos de agua.

El vapor tiene una cantidad significativa de energía por unidad de masa (>2325 kJ/kg) que se puede extraer como trabajo mecánico a través de una turbina o como calor en procesos de calentamiento.

Al sustituirse la caldera indirectamente también se está favoreciendo la eficiencia de otras aplicaciones, puesto que estos sistemas están vinculados a muchos otros equipos del proceso productivo.

Figura 2. Caldera de tubos de agua



El vapor también se utiliza en muchos usos de contacto directo, para controlar las presiones y las temperaturas de muchos procesos químicos. Otros usos del vapor son para reducir o eliminar contaminantes, así como para diferentes tipos de secadores.

4.1.2. Información Técnica

Mantenimiento y vida útil

Aunque existen equipos con 40 años de operación, las calderas tienen una vida útil promedio de 20 años si son operadas correctamente, teniendo mediciones continuas de sus cifras de combustión y un riguroso control del agua de la caldera (tratamiento químico correcto de agua). La vida útil de la caldera se recorta drásticamente cuando ha sufrido daños en su “hogar” (tubo cañón) y en sus espejos por bajo nivel de agua.

El envolvente del cuerpo de presión de la caldera sufre a través del tiempo pérdidas del espesor requerido, sobre todo en los puntos cercanos a la salida de vapor y la entrada de agua por erosión y corrosión interna. A menor espesor en cualquier punto del envolvente del cuerpo de la caldera, menor es la presión a la cual se puede operar una caldera. La caldera en su operación tiene partes más críticas y más expuestas a desgaste como lo es el tubo cañón u hogar de la caldera, que recibe a la flama del quemador.

El tubo cañón u hogar de una caldera está expuesto a la mayor fatiga del material. Los continuos cambios de temperatura en el mismo, pasando de “apagado, a flama alta, flama baja, apagado”, con la noble obligación del acero de absorber las expansiones y contracciones por consiguiente, fatigan con el tiempo al material del hogar de la caldera. Una vez que éste se fatiga cambia su composición metalúrgica, pasa a una fase elástica donde por presión se estira hasta explotar con resultados fatales. La fatiga del material del tubo cañón u hogar se da por antigüedad (tiempo) pero también por falta de agua o recalentamiento, por un mal tratamiento de agua o una falla en el control de nivel de agua de la caldera. En este último se daña la resistencia del material del hogar y de los espejos, bajando considerablemente su restante vida útil, sin poder detectar físicamente el daño en el cuerpo de presión.

Cuando una caldera explota, la tapa trasera de la caldera puede atravesar 5 muros de tabique o mandar a la tapa a una distancia de más de 50 metros, poniendo en peligro todo a su alrededor.

Frecuencia de mantenimiento preventivo: Es conveniente hacer una revisión anual con medición de espesores por ultrasonido (un método relativamente económico y seguro), con más de 50 mediciones en la envolvente de la caldera, y tomando especial cuidado de medir espesores en las periferias (5 a 40 cm.) de los coples:

- A la salida de vapor
- En la alimentación de agua
- En las purgas de fondo
- En las purgas de nivel

Frecuencia de mantenimiento mayor: El cambio de tubos flux no alarga la vida útil de la caldera, pero son partes que deben cambiarse periódicamente en función del calibre suministrado y del control de la calidad del agua de la caldera.

Potencia o capacidad

La potencia se expresa en caballo caldera (CC), equivalente a 9.81 kW de potencia térmica o 33,480 BTU/h. En las PyME pueden encontrarse calderas desde 10 CC hasta 500 CC. Una caldera de 10 CC puede generar alrededor de 150 kg de vapor a 100 °C por hora y de ahí en adelante se podrá generar mayor cantidad de vapor entre más potente sea la caldera. Algunas de 300 CC podrán generar cerca de 4,700 kg de vapor por hora.

A continuación se presentan las capacidades comunes de las calderas disponibles por los principales fabricantes: Myrigo, PowerMaster y Cleaver Brooks. En el anexo “Catálogos Técnicos” podrá encontrarse información con mayor detalle, incluidos marcas y modelos.

Tabla 4.- Capacidades de calderas de principales fabricantes⁶

• Caballos Caldera	• Potencia de salida kCal/h	• Prod. de vapor a 100 °C kg/h
10	84,360	156
15	126,540	235
20	168,720	313
25	210,900	391
30	253,080	469
40	337,428	626
50	421,785	782
60	506,142	939
80	674,900	1,252
100	834,600	1,565
125	1,054,500	1,956
150	1,265,400	2,347
200	1,687,200	3,130
250	2,109,000	3,912
300	2,530,800	4,695
350	2,952,600	5,477
400	3,374,400	6,260
500	4,218,000	7,825

Consumo de energía

En México las calderas pueden usar diferentes tipos de combustibles: gas natural, gas LP o diesel. El combustóleo casi no es usado por las PyME pero sí en industrias mayores. La tabla presentada a continuación informa el consumo de combustible por hora con el que puede desempeñarse una caldera en función de su capacidad en caballos caldera. En general los valores menores en consumo pueden asociarse a calderas de alta tecnología de menos de 8

⁶ Consulta a catálogos de fabricantes Power Master, Myrigo, Cleaver Brooks

años de edad, mientras que los valores mayores son representativos de equipos estándar, antiguos o con mal mantenimiento.

Las calderas eficientes podrían consumir por hora la cantidad de combustible indicada por los valores debajo de la columna que dice “Desde” en el cuadro inferior, mas menos un 6%. El consumo depende del tamaño de la caldera, de los aditamentos de la misma, del combustible, del quemador, de su automatización. Todos estos componentes influyen directamente en el precio del equipo.

Tabla 5.- Consumo promedio de combustible en calderas de vapor⁷

Caballos Caldera (CC)	Diesel (L/h)			Gas natural (m ³ /h)			Gas LP (L/h)		
	Desde	Hasta	Promedio	Desde	Hasta	Promedio	Desde	Hasta	Promedio
10	10.6	13.2	11	11	14	11.7	15.7	20.5	16.4
15	15.8	19.8	16.5	16.5	21.1	17.6	23.6	30.8	24.6
20	21.1	26.4	22	22	28.1	23.4	31.5	41	32.8
25	26.4	33	27.5	27.5	35.1	29.3	39.4	51.3	41
30	30.2	37.7	31.5	31.1	39.7	33.1	44.5	57.9	46.3
40	40.3	50.3	41.9	41.4	52.9	44.1	59.3	77.2	61.8
50	50.3	62.9	52.4	51.8	66.1	55.1	74.2	96.6	77.2
60	60.4	75.5	62.9	62.2	79.4	66.1	89	115.9	92.7
80	78.5	98.2	81.8	87	111	92.5	114.6	149.3	119.4
100	97.2	121.6	101.3	108.7	138.7	115.6	143.3	186.6	149.3
125	121.6	152	126.7	135.8	173.4	144.5	179.1	233.3	186.6
150	145.9	182.4	152	163	208.1	173.4	214.9	279.9	223.9
200	194.6	243.2	202.7	217.3	277.4	231.2	286.6	373.1	298.5
250	243.2	304	253.3	271.7	346.8	289	358.3	466.5	373.2
300	291.8	364.8	304	326	416.2	346.8	429.9	559.8	447.8
350	340.5	425.6	354.7	380.3	485.5	404.6	501.5	653	522.4
400	389.1	486.4	405.3	434.7	554.9	462.4	573.2	746.4	597.1
500	486.4	608	506.7	543.3	693.6	578	716.5	933	746.4

Para una aproximación al consumo anual habrá que multiplicar los valores de la tabla por las horas anuales de operación de la caldera. Empleando una unidad común para todos los combustibles puede decirse que una caldera, dependiendo de su capacidad y las horas de operación, podrá consumir por año desde 23 MJ/año hasta 63,000 MJ/año.

⁷ Consulta a catálogos de fabricantes Power Master, Myrigo, Cleaver Brooks

Tabla 6.- Consumo de combustible por hora de una caldera⁸

Caballos Caldera (CC)	Diesel (Kcal/h)			Gas natural (Kcal/h)			Gas LP (Kcal/h)		
	Desde	Hasta	Promedio	Desde	Hasta	Promedio	Desde	Hasta	Promedio
10	123,564	153,872	128,227	106,568	133,210	111,326	132,304	166,012	138,203
15	184,181	230,809	192,341	159,852	200,767	167,464	198,877	248,597	207,304
20	245,963	307,745	256,454	214,088	267,372	222,651	265,451	332,024	276,406
25	307,745	384,681	320,568	267,372	333,977	278,790	332,024	414,608	345,507
30	352,041	439,469	367,196	301,626	377,746	314,947	375,002	468,541	390,170
40	469,777	586,347	488,428	402,485	503,344	419,612	499,721	624,441	520,789
50	586,347	733,225	610,827	503,344	628,942	524,277	625,283	781,183	650,564
60	704,083	880,104	733,225	604,203	755,491	628,942	750,003	937,082	781,183
80	915,075	1,144,717	953,543	844,932	1,056,165	880,138	965,734	1,207,589	1,006,184
100	1,133,060	1,417,491	1,180,854	1,056,165	1,319,731	1,099,934	1,207,589	1,510,118	1,258,151
125	1,417,491	1,771,864	1,476,942	1,319,731	1,649,901	1,374,918	1,509,276	1,886,805	1,572,478
150	1,700,756	2,126,237	1,771,864	1,584,248	1,980,072	1,649,901	1,810,962	2,264,335	1,886,805
200	2,268,452	2,834,982	2,362,874	2,112,330	2,639,461	2,199,868	2,415,178	3,018,551	2,515,460
250	2,834,982	3,543,728	2,952,718	2,639,461	3,299,802	2,749,835	3,019,394	3,773,611	3,144,956
300	3,401,513	4,252,474	3,543,728	3,167,544	3,960,143	3,299,802	3,622,767	4,528,670	3,773,611
350	3,969,209	4,961,219	4,134,738	3,695,626	4,619,533	3,849,769	4,226,141	5,282,886	4,402,265
400	4,535,739	5,669,965	4,724,582	4,223,709	5,279,874	4,399,736	4,830,356	6,037,946	5,031,762
500	5,669,965	7,087,456	5,906,602	5,279,874	6,599,604	5,499,670	6,037,946	7,548,064	6,289,913

⁸ En la elaboración de esta Tabla se utilizaron los coeficientes caloríficos netos reportados en el Balance Nacional de Energía 2011 pág.103 para el año 2011. A saber: diesel 5,813 MJ/barril (11,657 Kcal/L); gas L.P. 4,202 MJ/barril (8,427 Kcal/L); y gas natural 39,793 KJ/m³ (9,515 Kcal/m³, ponderado como 56.9% de gas asociado de 40,724 KJ/m³ y 43.1% de gas no asociado de 38,563 KJ/m³, con base en información de la Subsecretaría de Hidrocarburos de la SENER: <http://sener.gob.mx/portal/Mobil.aspx?id=1512>). La conversión de unidades utilizada fue 1 MJ = 239.12 Kcal y 1 barril = 158.99 L.

Emisiones actuales estimadas de GEI

Para el cálculo de emisiones de GEI se utiliza el procedimiento del Programa GEI México: Combustión estacionaria: *Calculation Tool for Direct Emissions from Stationary Combustion, Calculation worksheets. July 2005. Version 3.0.*

Para una hora de operación las emisiones de gases de efecto invernadero son las mostradas en el cuadro inferior en kilogramos equivalentes de CO₂. Los valores se incrementan entre menor sea la eficiencia de la caldera.

Tabla 7.- Emisiones de CO₂ de calderas en función del combustible utilizado

Caballos Caldera (CC)	Calderas a diesel		Calderas a gas natural		Calderas a gas LP	
	Emisiones en kg CO ₂ /h	Emisiones en ton CO ₂ /año	Emisiones en kg CO ₂ /h	Emisiones en ton CO ₂ /año	Emisiones en kg CO ₂ /h	Emisiones en ton CO ₂ /año
10	35.5	207	23.9	140	34.0	199
15	53.2	311	36.0	210	51.0	298
20	70.9	414	47.9	280	68.0	397
25	88.7	518	60.0	350	84.9	496
30	101.6	593	67.8	396	95.9	560
40	135.1	789	90.3	527	128.0	748
50	168.9	986	112.8	659	159.9	934
60	202.8	1,184	135.3	790	192.1	1,122
80	263.7	1,540	189.3	1,106	247.4	1,445
100	326.6	1,907	236.6	1,382	309.3	1,806
125	408.5	2,386	295.8	1,727	386.6	2,258
150	490.1	2,862	354.9	2,073	463.9	2,709
200	653.5	3,816	473.2	2,763	618.4	3,611
250	816.7	4,770	591.5	3,454	773.2	4,515
300	980.1	5,724	709.9	4,146	927.7	5,418
350	1,143.6	6,679	828.2	4,837	1,082.3	6,321
400	1,306.7	7,631	946.5	5,528	1,237.1	7,225
500	1,633.7	9,541	1,183.1	6,909	1,546.4	9,031

NOTA: Para estimar las emisiones anuales de CO₂ se consideraron los consumos promedio horarios de cada combustible, durante 2 turnos de 8 horas, durante 365 días = 5,840 horas de operación, que ya incluyen los periodos de mantenimiento.

Considerando el parque de calderas en operación de la Tabla 10 se calcula se emiten entre 15.3 millones de Toneladas Equivalentes de CO₂. No se consideraron en este cálculo emisiones de otros GEI como CH₄ y N₂O.

4.1.3. Potencial de ahorro de energía

Hacer un cálculo preciso del potencial de ahorro es complicado dado que no existe un censo oficial o no, que de información concreta. Los fabricantes fueron entrevistados y tampoco concedieron información confiable. Se encontró que la Secretaria de Economía reporta en miles de pesos la producción bruta de los fabricantes de calderas, se optó tomar como valor pivote el precio del equipo de 50 caballos caldera porque es representativo de muchas Pymes, no es un equipo muy pequeño, tampoco es muy grande. De este dato resulta estimar existan en operación alrededor de 500,000 calderas. De ellas se calcula en función de resultados obtenidos en proyectos de ahorro de energía realizados por IEI, que 150,000 pueden ser eficientes; 190,000 con más de 15 años de operación, ideales para ser reemplazadas por calderas de alta eficiencia energética con un potencial de ahorro del 13%; y 160,000 deben tener entre 8 y 15 años de antigüedad, con un potencial de ahorro de alrededor del 8%.

Para ejemplificar el potencial de ahorro se muestra la diferencia en consumo entre una caldera de 50 CC de alta eficiencia y una caldera estándar con 15 años de operación.

Tabla 8.- Potencial de ahorro de energía para una caldera de 50 CC

Caldera Equivalente 50 CC Combustible	Consumo energía (Kcal/h)			Consumó energía (GJ/año)		
	Alta Eficiencia	Estándar	Ahorro	Alta Eficiencia	Estándar	Ahorro
Diesel	586,347	733,225	146,878	14,337	17,928	3,591
Gas natural	503,344	628,942	125,598	12,307	15,378	3,071
Gas LP	625,283	781,183	155,900	15,289	19,101	3,812

Reducción de GEI

Sustituir calderas ineficientes por otras de alta eficiencia (>85%), conduce a reducir las emisiones de GEI para la caldera de 50 CC trabajando 5840 horas al año, el potencial de disminución de es de cuando menos de 200 kilogramos de 0.75 de CO₂e al año.

Tabla 9.- Potencial de reducción de emisiones de GEI por la sustitución de calderas

Caldera Equivalente 50 CC	Potencial de Ahorro	
	GJ año	Emisiones en kg CO ₂ /h
Diesel	3,591	239.5
Gas natural	3,071	204.8
Gas LP	3,812	254.3

4.1.4. Otras Medidas para Elevar la Eficiencia

En esta sección se presentan otras medidas para ahorro de energía en el sistema de vapor.

- Distribución eficiente de carga en calderas en función de la eficiencia de planta
- Utilización eficiente del mínimo de equipos de servicio
- Regular la Relación aire - combustible
- Uso de calderas de vapor o calentadores de fluido térmico
- Instalación de equipos de recuperación de calor: Economizador
- Recuperar o incrementar el retorno de condensados
- Uso de equipo auxiliar eléctrico de alta eficiencia como motores, bombas y ventiladores, de ser posible con Sello FIDE.
- Aprovechamiento de pérdidas de calor de radiación
- Cogeneración de energía
- Precalentar el agua de alimentación, el aire de alimentación
- Utilizar buenas trampas de vapor
- Precalentar combustible
- Aislamiento térmico adecuado de equipos calientes, ductos y tuberías
- Operación a presión reducida del vapor
- Controlar el flujo de vapor y evitar fugas
- Cambiar a gas natural
- Automatización de purgas
- Uso adecuado de redundancia en equipo auxiliar
- Análisis y rediseño de tanques, tuberías y ductos
- Controlar la calidad de agua de alimentación

4.1.5. Información Comercial

Mercado Actual

Los Productores de Calderas en los censos económicos de INEGI reportan una Producción Bruta Total de \$5,338,799,961 por año. El costo de un caballo caldera según encuestas oscila entre \$6,500 hasta \$14,000. Tomando una referencia de \$8500 por CC y utilizando la caldera de 50 CC como pivote de cálculo, se estima que al año se producen 12,562 calderas equivalentes a 50 CC. Con ese ritmo en 20 años se habrán acumulado al menos 251,240 calderas. Esta cantidad es la que podrían estar operando en empresas medianas. En forma adicional el parque de equipos antiguos o comprados usados podría ser de una cantidad aproximadamente igual. En función de estos argumentos se calcula que en México se deben encontrar en operación al menos 500,000 calderas. Como este es un equipo fundamental siempre existe uno o dos sistemas de respaldo para asegurar operar en cualquier momento una o dos calderas adicionales, por tal motivo resulta posible que en la actualidad existan más de 1.25 millón de calderas instaladas a lo largo de todo México.

Estimación del número de calderas por tipo de combustible usado.

Para aproximarse al número de calderas por tipo de combustible se utilizara el desglose del consumo de energía que presenta el balance nacional de energía del año 2011.

Tabla 10.- Estimación de la cantidad de calderas por tipo de combustible

Distribución estimada de la cantidad de calderas	Potencial de Ahorro	
	% de Consumo	Cantidad de Equipos
Diesel y combustóleo	32.33%	161,627
Gas natural	47.96%	239,818
Gas LP	19.71%	98,555
Total	100%	500,000

Precio del Equipo en el Mercado

El precio de una caldera es dependiente de muchos factores como el tipo, capacidad, combustible que usará, los aditamentos que se soliciten, marca del modelo, etc. El costo de un caballo caldera según encuestas realizadas con 7 fabricantes, 8 consultores y 36 empresas que han comprado calderas en los últimos 18 meses oscila entre \$6,500 y \$15,000.

Tabla 11.- Precio de las calderas

Caballos Caldera	Desde	Hasta	Caballos Caldera	Desde	Hasta
10	\$74,750	\$172,500	100	\$360,078	\$830,948
15	\$89,700	\$207,000	125	\$444,540	\$1,025,862
20	\$104,650	\$241,500	150	\$548,815	\$1,266,496
20	\$104,650	\$241,500	200	\$608,105	\$1,403,320
30	\$127,075	\$293,250	250	\$718,461	\$1,657,987
40	\$148,005	\$341,550	300	\$848,843	\$1,958,869
50	\$191,360	\$441,600	350	\$1,025,049	\$2,365,498
60	\$236,247	\$545,185	400	\$1,211,070	\$2,794,776
80	\$291,663	\$673,068	500	\$1,430,848	\$3,301,957

Mercado secundario y chatarrización

En algunas PyME los sistemas energéticos se compran ya usados con años de antigüedad y son nuevamente colocados para volver operar sin tomar en consideración la eficiencia energética de la tecnología adquirida, por lo cual estas empresas en el mediano y largo plazo acaban pagando más por el costo de sus combustibles. Por otro lado la falta de técnicos capacitados con lleva a un mal mantenimiento de las calderas, lo que paulatinamente va disminuyendo la eficiencia de los equipos. En otras ocasiones el equipo adquirido queda rebasado por la demanda de vapor de los procesos productivos; en estos casos pensar en una caldera de alta eficiencia resulta la mejor opción para sacar el mayor provecho de los combustibles usados y reducir costos de operación.

Existen empresas que se dedican a comprar calderas usadas como chatarra a las que les cambian el forro y los tubos flux y las ofrecen como calderas seminuevas con muy poco uso real, lo cual nunca es cierto ni comprobable. Es importante saber que sin importar la apariencia exterior de una caldera usada, si tiene un forro y tubos flux nuevos o no, lo que determina su vida útil es su cuerpo de presión: su envolvente, espesor crítico, su hogar o tubo cañón y sus espejos. Muchas de estas calderas usadas provienen de Estados Unidos, desde donde se exportan a México y Centroamérica. En general aplica lo siguiente:

- Una caldera con una edad de 5 a 7 años es una caldera seminueva usada.
- Una caldera con una edad de 10 años es una caldera usada, con una vida útil limitada de 5 años más.
- Una caldera con una edad de 15 años o más es una caldera chatarra que ya no se debe comprar ni vender por su alto riesgo.

Por otra parte, una caldera nueva tiene la ventaja adicional de pagar una prima de seguro mucho menor que una caldera equivalente con 10 años de antigüedad.

Antigüedad de los equipos en operación

Es difícil precisar cómo la distribución de las calderas según su antigüedad, pero con la finalidad de elaborar un escenario conservador, se estima una distribución como sigue:

Tabla 12.- Distribución de calderas según su antigüedad

Concepto en referencia a	No. de equipos
Calderas Eficientes 20%, menos de 8 años	150,000
Calderas antiguas, más de 15 años y con mal mantenimiento	190,000
Calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular	160,000
TOTAL	500,000

Proveedores en territorio nacional

A continuación se presentan los datos de algunos fabricantes y proveedores nacionales de calderas:

Empresa: **Calderas Myrggo, SA**
Teléfono: (81) 8377-6550 / 8377-6570
Internet: www.myrggo.com.mx
Dirección: Av. San Sebastián No. 905, Fraccionamiento Valles de Linda vista, Cd. Guadalupe, Nuevo León, CP 67130

Empresa: **Cleaver Brooks de Mexico S. A. de C. V.**
Teléfono: 5567-3166, 5567-3369, 5567-3182
Internet: <http://cleaver-brooks.com.mx/>
Dirección: Poniente 148 No 973 Col. Industrial Vallejo, México D. F. 02300, Azcapotzalco

Empresa: **SELMEC Equipos Industriales, SA de CV**
Teléfono: (55) 5128-1700
Internet: www.selmec.com.mx
Dirección: Manuel Ma. Contreras No. 25, Col. San Rafael, C.P. 06470, México, D.F.

Empresa: **Grupo Calderas Powermaster**
Teléfono: 55 5393 8449, 5393 5711, 5393 5700, 5393 5770
Internet: <http://www.powermaster.com.mx/>
Dirección: Federico T. de la Chica No. 17-203. Colonia Ciudad Satélite. Naucalpan de Juárez, Estado de México, México CP. 53100

Empresa: **Robert Bosch S de RL de CV**
Teléfono: (52) 55 5284 3044, 5284 3077
Internet: www.bosch.com.mx
Dirección: Circ. González Camarena 333, Sta Fé México DF

4.2. Calentadores de agua industriales.

4.2.1 Introducción.

Campo de Aplicación

A nivel industrial el uso de estos equipos varía mucho. Entre los combustibles más comunes se encuentran el gas natural, gas LP (mezcla de propano y butano), y los calentadores eléctricos. Siendo el gas natural el más económico, no siempre está disponible en lugares apartados. El gas LP frecuentemente es la segunda opción. El agua caliente se emplea de diversas maneras, para realizar baños y lavados, calentar productos, limpieza de equipos, cocinar, ablandar productos, servicio de hoteles, baños públicos, clubes deportivos, acondicionar piscinas, humedecer ambientes, etc. Se usan en las PyME principalmente en empresas alimentarias, textiles, químicas, hoteles, restaurantes, clubes y muchos otros negocios.



Principios de Funcionamiento

Los tipos de calentadores de agua que no utilizan vapor ni energía solar son:

1. Calentador de punto
2. Calentador de paso
3. Calentador de acumulación

1.- Calentadores de Punto

Son unidades muy pequeñas instaladas a poca distancia del lugar donde se requiere el agua caliente. Son alimentados con electricidad y se activan automáticamente por flujo o manualmente con un interruptor. Su uso se reduce a unas pocas aplicaciones comerciales o domésticas.

El consumo eléctrico oscila entre 1500 W y 5000 W. Sólo tienen un uso práctico en países de clima templado por su baja capacidad de calentamiento. Podemos encontrarlos instalados directamente en lavamanos o duchas (regaderas), dentro de viviendas económicas en países de clima templado.



2.- Calentadores de Paso

También llamados calentadores instantáneos o calentadores de flujo, son también de tamaño reducido en los modelos eléctricos y más grandes en los modelos de gas natural o LP. Al iniciar la operación estas unidades se encuentran apagadas sin consumir energía. Un sensor de flujo

se activa cuando detectan circulación de agua e inician el calentamiento. Los modelos eléctricos van desde los 8.000 W (1,91 kcal/s) hasta los 22.000 W (5,26 kcal/s). Los modelos a gas pueden alcanzar las 8 kcal/s como en el caso de un calentador de 18 L/min. Los modelos eléctricos están equipados con resistencias de inmersión, mientras que los de gas encienden una llama que calienta un intercambiador de calor por donde circula el agua. Esta medida podría llevar a ahorros mínimos del 20%.

Calentador de paso eléctrico



Los modelos más avanzados están equipados con controles electrónicos de temperatura y caudalímetros. De esta manera el usuario puede seleccionar la temperatura que desea en grados. El controlador electrónico mide el flujo de agua que está circulando, la temperatura de entrada y gradúa la potencia que aplicarán las resistencias de calentamiento en el caso de los modelos eléctricos o el tamaño de la llama en los modelos a gas.

Los modelos eléctricos pueden aplicar el 99% de la energía consumida al agua, mientras que los modelos a gas alcanzan entre un 80% y un 90% de eficiencia. En el caso de los calentadores a gas la energía no utilizada se libera en forma de aire caliente. En cuanto a costos de operación un calentador eléctrico pagara casi el doble por su consumo de energía, tal como lo muestra el comparativo realizado para un calentador de agua con capacidad de 100 litros mostrado en la tabla 12.

Tabla 13.- Comparación entre un calentador eléctrico y uno de gas LP

Tipo de Calentador	Eléctrico	Gas LP
Capacidad en litros	100	100
Potencia	18 kW	15,491 kcal/hr
Horas trabajo mes	300	300
Consumo mensual	5,400	4,647,297
Unidades	kWh	kcal
Precio unitario energía	\$2.90	\$0.0017
Costo Operación mes	\$15,660.00	\$7,900.41

3.- Calentadores de acumulación

Estos calentadores son los más económicos en su operación, ya que poseen un tanque donde acumulan el agua y la calientan hasta alcanzar una temperatura seleccionada en su termostato. La capacidad de su depósito es muy variable y va desde los 15 hasta los 1000 L. Utilizan como energía gas natural, LP, electricidad, energía solar, madera o desperdicios. Para la selección del tamaño se debe considerar la cantidad de agua caliente que se



pueda requerir en un determinado momento, la temperatura de entrada del agua y el espacio utilizable.

Estos calentadores tienen la ventaja de suministrar agua caliente a temperatura constante por tantos litros como casi la totalidad de depósito. Además permite que se abran varios grifos a la vez sin que se vea afectada la temperatura del agua, lo que no ocurre en los calentadores instantáneos. Su desventaja está en el tamaño de su depósito, pues si se elige mal su capacidad puede agotarse el agua caliente y tardar cierto tiempo hasta que se recupere la temperatura.

4.2.2. Información Técnica.

Vida útil

Los calentadores son equipos con una vida útil de alrededor de 10 años cuando las condiciones de mantenimiento y operación son las adecuadas. Sin embargo, condiciones de calentamiento descontroladas y sobrecargas pueden disminuir paulatinamente la eficiencia y demeritar su vida útil.

Potencia o capacidad

La potencia de un calentador se expresa en kW o en kcal/h, y varía de 3.5 a 152 kW (3,000 a 131,000 kcal/h). En función de su capacidad pueden producir desde 1.2 hasta 34 L/min de agua caliente a 38 °C.

Consumo de energía

En México los calentadores de agua usan principalmente Gas LP o electricidad. A continuación se presentan los consumos por hora de diferentes modelos de calentadores.

Tabla 14.- Consumo por hora de calentadores

Capacidad litros	Consumo kW Térmicos	Consumo kCal/hr	LPM 25°C	LPM 35°C
50	3.5	3,012.1	1.8	1.2
67	8.7	7,487.3	9	6
100	18	15,491.0	11	7.3
273	22.3	19,155.8	6.3	4.1
335	24.3	20,920.2	6.5	4.3
303	36.6	31,527.3	11.3	7.5
303	52.7	45,369.2	15.3	10.1
370	79.1	68,053.7	20.4	13.5
315	116.9	100,568.3	37.2	24.7
313	152.2	131,004.1	51.3	34.0

Emisiones de Gases Efecto Invernadero

Utilizando el procedimiento del Programa GEI México se tiene el siguiente estimado de emisiones.

Tabla 15.- Estimación de emisiones de GEI

Capacidad, kW térmicos	Consumo kJ/h	Gas LP kg CO ₂ /h	Gas Natural kg CO ₂ /h	Electricidad kg CO ₂ /h	Diesel kg CO ₂ /h
3.5	12,599.8	0.75	0.66	1.77	0.83
8.7	31,319.4	1.86	1.63	4.39	2.07
18	64,798.8	3.85	3.37	9.09	4.28
22.3	80,128.5	4.76	4.17	11.26	5.29
24.3	87,509.4	5.19	4.55	12.27	5.78
36.6	131,878.6	7.83	6.86	18.48	8.71
52.7	189,779.5	11.27	9.87	26.61	12.54
79.1	284,668.8	16.90	14.81	39.95	18.81
116.9	420,677.3	24.97	21.88	59.03	27.80
152.2	547,990.0	32.53	28.51	76.86	36.21

Potencial de Ahorro Energético

Se vislumbran dos grandes medidas de ahorro:

1. Sustitución por calentadores solares.
2. Sustitución de calentadores de acumulación por calentadores de paso.

El potencial de ahorro por estas dos medidas a nivel nacional, conducirá a reducir el consumo de energía de los calentadores de agua de entre el 20% y el 40%.

4.2.3. Información Comercial.

Mercado Actual

Los precios de los calentadores de agua oscilan entre \$2,000 y \$100,000. Se estima que en las PyME existen en operación 1.5 millones de calentadores de agua que no utilizan vapor como fuente de calentamiento.

Tabla 16.- Costo de calentadores de agua

Capacidad kW térmicos	Costo \$MX	Capacidad kW térmicos	Costo \$MX
3.5	2,170.0	36.6	22,692.0
8.7	5,394.0	52.7	32,674.0
18	11,160.0	79.1	49,042.0

22.3	13,826.0	116.9	72,478.0
24.3	15,066.0	152.2	94,364.0

Proveedores en Territorio Mexicano

Empresa **H2O TEK S.A. de C.V.**
 Teléfono: (52) 81 83467510 – 81 18732837
 e-mail: info@h2otek.com.mx
 Internet: www.h2otek.com.mx
 Dirección: Av. Gonzalitos No. 2637 Col. Mitras Norte, Monterrey N.L. México C.P. 64320

Empresa **CALOREX S.A. de C.V.**
 Contacto: Juan Saldate
 Teléfono: 5237 0300
 Web: <http://www.calorex.com.mx/index.html>

Empresa **Calderas del Norte S.A. de C.V.**
 Teléfono 01 (81) 8321-8250 / 8321-8290
 Web <http://www.calderasdelnorte.com.mx/>
 Dirección San Francisco No. 1225 Col. Fresnos del Lago San Nicolás De Los Garza N.L.

4.3. Quemadores de alta eficiencia

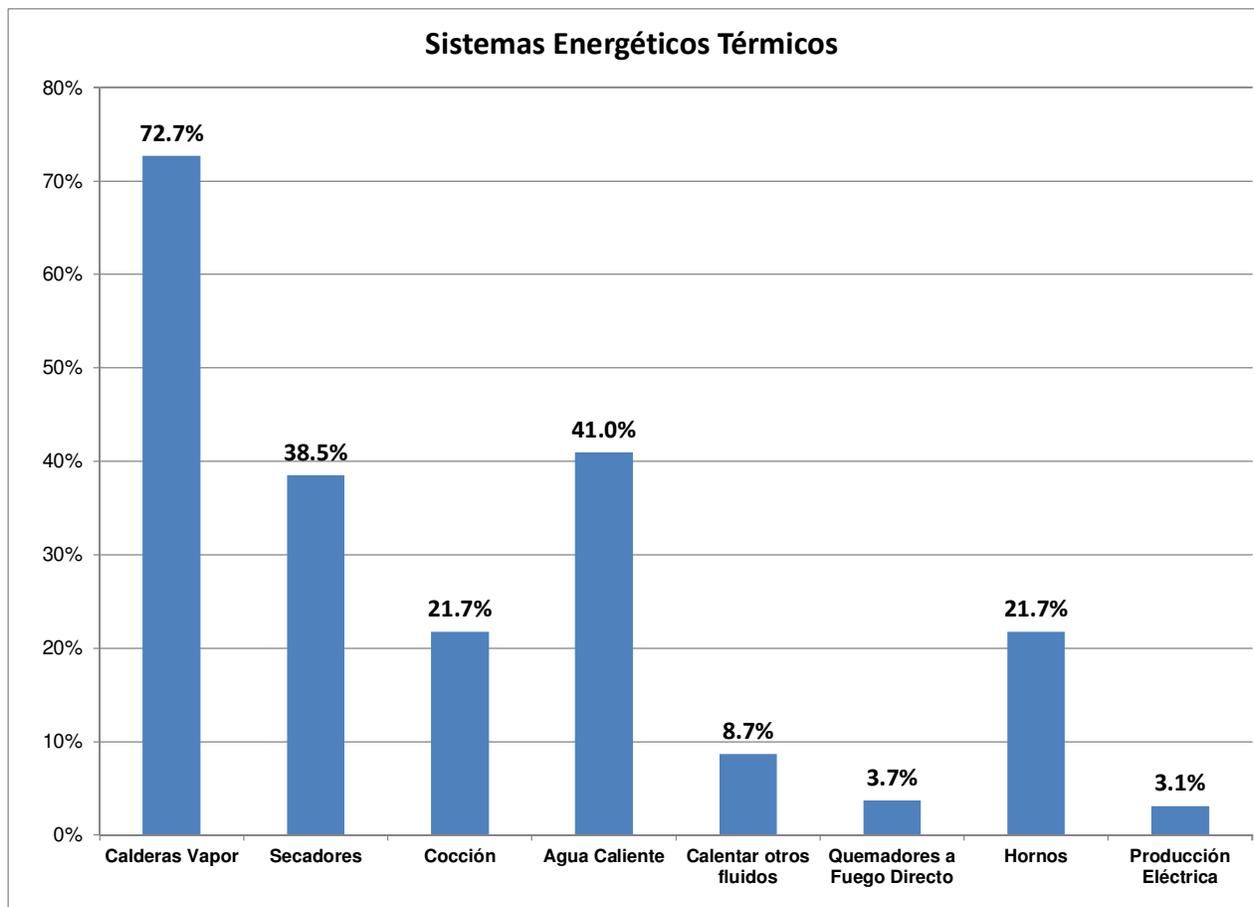
Los quemadores de las calderas han evolucionado favorablemente de tal manera que ayudan a reducir los requerimientos de exceso de aire, aprovechando mejor el combustible de alimentación, incrementando la eficiencia de combustión. Los quemadores de alta eficiencia se desempeñan con flama controlable, control de relación aire-combustible, e inyectores multicalor de 20-100%. Por otro lado, el exceso de aire y las pérdidas en la chimenea se pueden controlar fácilmente con quemadores de alta eficiencia a presión los cuales controlan automáticamente los ventiladores y flama de las calderas. En contraste, los quemadores convencionales prácticamente no tienen control sobre el exceso de aire que se maneja y pueden producir mayores pérdidas de calor en la chimenea durante la salida del equipo si no se instala una compuerta de control.

Sustituciones realizadas por el autor en proyectos demostrativos en México y EE.UU han mostrado incrementos del 2 al 12% en la eficiencia operacional, cuando se utilizaron quemadores con retención de flama variable en calderas convencionales. Con la finalidad de establecer un ahorro promedio **se considera factible obtener un de incremento de 4 a 8% en la eficiencia de la caldera**, lo cual reditúa en menos consumo de combustible. Esta medida podría aplicable al menos para 190,000 calderas que actualmente se encuentran en operación. En la sección 4.2 se retoma este tema proporcionando mayor información.

5 Tarea 3: Seleccionar y justificar las tecnologías térmicas más adecuadas para un programa de sustitución / reconversión masivo

La siguiente tabla resume la información sobre aplicaciones térmicas obtenida de diversos diagnósticos energéticos realizados por el autor en empresas PyME. Dentro de las aplicaciones térmicas más comunes se encuentran: las calderas de vapor, calentamiento de agua y secadores térmicos. Menos frecuente es la cocción y utilización de hornos térmicos, como puede verse a continuación.⁹

Gráfica 3.- Frecuencia de aplicaciones térmicas en PyME



⁹ Fuente: Diagnósticos Energéticos y Encuestas realizadas por IEI.

Tabla 17.- Inventario de aplicaciones térmicas en proyectos de ahorro de energía, IEI¹⁰

Rama Económica	Total muestra	Calderas vapor	Secadores	Cocción	Agua caliente	Calentar otros fluidos	Quemadores a fuego directo	Hornos	Producción eléctrica
Galvanoplastia	3	3							
Vestido	3	3							
Harinas	4	4	4	4			1	1	
Aceites	5	5	5	5	5				
Cartón y papel	5	5	5						2
Minera	5	0							
Plataformas	6	0							
Auto partes	4	0	4				4	4	
Materiales construcción	8	4	7			1		7	
Metalmecánica	2	0						1	
Bebidas carbonatadas	12	12			12				
Fundición	4							4	
Textil	10	10	6		4	3			2
Impresoras	2	2	2						
Hulera	3	3							
Plásticos	3	3				2			
Alimentos en polvo	2	2	2					2	
Rastros	4	4	4	4	4				
Cemento	3	1	3					3	
Lácteos	12	12			12				
Química	8	8	3		5	5			
Cerámica	3	3	2					2	
Pinturas	4	4				2			
Farmacéutica	8	8	4		8				
Hoteles	9	2		9	9				1
Baños públicos	2	2			2				
Pañales	2	2	2						
Madera	5	5	5			1		3	
Clubes deportivos	5	2		5					
Agroindustria de alimentos	7	7	4	5	5				
Panaderías	3	1		3			1	3	
Talleres automotrices	5							5	
Subtotales		117	62	35	66	14	6	35	5
Aplicaciones	Total: 340	34%	18%	10%	19%	4%	2%	10%	1%
Empresas	Total: 161	72.7%	38.5%	21.7%	41.0%	8.7%	3.7%	21.7%	3.1%

¹⁰ Fuente: IEI con información propia derivada de diagnósticos energéticos y encuestas.

6 Tarea 4: Parametrizar ahorros de energía y emisiones de las tecnologías seleccionadas, tomando como referencia los lineamientos FIDE

6.1 Propuesta 1. Sustitución de calderas ineficientes por otras de mayor eficiencia.

6.1.1 Información general

Las calderas o generadores de vapor son utilizadas por más del 70% de las PyME que utilizan energía térmica. En los últimos años ha avanzado considerablemente la tecnología y eficiencia de las calderas. Entre otras, las calderas de alta eficiencia incorporan las siguientes mejoras:

- Tubo cañón corrugado en caliente y de bajo coeficiente de fatiga por calor (larga vida útil).
- Panel de control integrado, operación automática.
- Cámara de retorno de gases de combustión totalmente enfriada por agua (Wet-Back).
- Puertas delanteras y traseras embisagradas para fácil acceso a las cámaras de humo.
- Compuertas de alivio de presión de gases de combustión.
- Base de acero estructural.
- Sin refractario en las puertas delanteras y traseras.
- Quemadores de alta eficiencia automatizados (ver propuesta 2).
- Diseño y fabricación con apego al código ASME sección I y sección IV.

Tabla 18.- Eficiencia típica de calderas tipo paquete con base en el poder calorífico superior

	Capacidad kW	Eficiencia η (%)	Combustible
Calderas de tubos de humo	100-200	76	Gas natural o LP
	100-200	80	Combustóleo, gasóleo, diesel
	200-8,000	76	Gas natural o LP
	200-8,000	80	Combustóleo, gasóleo, diesel
Calderas de tubos de agua	100-200	74	Gas natural o LP
	100-200	78	Combustóleo, gasóleo, diesel
	200-8,000	76	Gas natural o LP
	200-8,000	80	Combustóleo, gasóleo, diesel

Fuente: CONAE (2009, p.10). "Eficiencia en calderas y combustión", Guías para el ahorro de energía en la Pequeña y Mediana Empresa (PyME), CONUEE 2009.

Las ramas industriales que utilizan calderas incluyen las siguientes:

Galvanoplastia	Hules y plásticos	Deportivos y baños públicos
Aceites	Harinas y alimentos en polvo	Madera
Cartón y papel	Rastros	Agroindustria de alimentos
Minera	Cemento	Panaderías
Talleres automotrices	Lácteos	
Materiales construcción	Química	
Metalmecánica	Cerámica	
Bebidas carbonatadas	Pinturas	
Fundición	Farmacéutica	
Textil y vestido	Hoteles	

6.1.2 Potencial de ahorro de energía y emisiones

A partir de los consumos de energía y emisión de CO₂ presentados en la sección 2, se presentan los siguientes potenciales de mitigación de emisiones para calderas en función del tipo de combustible empleado.

Tabla 19.- Potencial según la capacidad de la caldera y el combustible utilizado

Caballos Caldera (CC)	DIESEL							
	Emisiones originales		Medida implementada					
	(kg CO ₂ /h)	(t CO ₂ /año)	Sustitución caldera n = 75% → 88%		Sustitución caldera n = 80% → 88%		Sustitución quemadores n = 75% → 79%	
			Nuevas emisiones (t CO ₂ /año)	Emisiones evitadas (t CO ₂ /año)	Nuevas emisiones (t CO ₂ /año)	Emisiones evitadas (t CO ₂ /año)	Nuevas emisiones (t CO ₂ /año)	Emisiones evitadas (t CO ₂ /año)
10	27.7	162.0	138.1	23.9	147.3	14.7	153.8	8.2
15	41.6	243.0	207.1	35.9	220.9	22.1	230.7	12.3
20	55.5	324.0	276.1	47.9	294.5	29.5	307.6	16.4
25	69.3	405.0	345.2	59.8	368.2	36.8	384.5	20.5
30	79.4	463.9	395.4	68.5	421.7	42.2	440.4	23.5
40	105.7	617.0	525.9	91.2	561.0	56.1	585.8	31.2
50	132.1	771.7	657.7	114.0	701.5	70.2	732.6	39.1
60	158.6	926.3	789.5	136.8	842.1	84.2	879.4	46.9
80	206.3	1,204.6	1,026.7	178.0	1,095.1	109.5	1,143.6	61.0
100	255.4	1,491.8	1,271.4	220.4	1,356.2	135.6	1,416.3	75.5
125	319.5	1,865.9	1,590.2	275.6	1,696.2	169.6	1,771.4	94.5
150	383.3	2,238.4	1,907.8	330.7	2,035.0	203.5	2,125.1	113.3
200	511.1	2,985.1	2,544.1	441.0	2,713.7	271.4	2,833.9	151.1
250	638.7	3,730.3	3,179.2	551.1	3,391.1	339.1	3,541.4	188.9
300	766.6	4,476.9	3,815.5	661.4	4,069.9	407.0	4,250.2	226.7
350	894.4	5,223.5	4,451.9	771.7	4,748.7	474.9	4,959.1	264.5
400	1,022.0	5,968.7	5,087.0	881.7	5,426.1	542.6	5,666.5	302.2
500	1,277.7	7,462.0	6,359.6	1,102.3	6,783.6	678.4	7,084.2	377.8

GAS NATURAL								
Caballos Caldera (CC)	Emisiones originales		Medida implementada					
	(kg CO ₂ /h)	(t CO ₂ /año)	Sustitución caldera n = 75% → 88%		Sustitución caldera n = 80% → 88%		Sustitución quemadores n = 75% → 79%	
			Nuevas emisiones	Emisiones evitadas	Nuevas emisiones	Emisiones evitadas	Nuevas emisiones	Emisiones evitadas
			(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)
10	23.9	139.6	119.0	20.6	126.9	12.7	132.5	7.1
15	36.0	210.2	179.2	31.0	191.1	19.1	199.6	10.6
20	47.9	279.7	238.4	41.3	254.3	25.4	265.6	14.1
25	60.0	350.4	298.6	51.8	318.5	31.9	332.7	17.7
30	67.8	396.0	337.5	58.5	360.0	36.0	375.9	20.1
40	90.3	527.4	449.4	78.0	479.4	48.0	500.7	26.7
50	112.8	658.8	561.4	97.4	598.9	59.9	625.4	33.4
60	135.3	790.2	673.4	116.8	718.3	71.9	750.1	40.1
80	189.3	1,105.5	942.2	163.3	1,005.0	100.5	1,049.5	56.0
100	236.6	1,381.7	1,177.6	204.1	1,256.1	125.6	1,311.8	69.9
125	295.8	1,727.5	1,472.3	255.2	1,570.4	157.1	1,640.0	87.5
150	354.9	2,072.6	1,766.4	306.2	1,884.2	188.4	1,967.7	104.9
200	473.2	2,763.5	2,355.2	408.3	2,512.3	251.2	2,623.6	139.9
250	591.5	3,454.4	2,944.1	510.3	3,140.3	314.1	3,279.5	174.9
300	709.9	4,145.8	3,533.4	612.4	3,768.9	376.9	3,935.9	209.9
350	828.2	4,836.7	4,122.2	714.5	4,397.0	439.7	4,591.8	244.9
400	946.5	5,527.6	4,711.0	816.6	5,025.1	502.5	5,247.7	279.9
500	1,183.1	6,909.3	5,888.6	1,020.7	6,281.2	628.1	6,559.5	349.8

GAS LP								
Caballos Caldera (CC)	Emisiones originales		Medida implementada					
	(kg CO ₂ /h)	(t CO ₂ /año)	Sustitución caldera n = 75% → 88%		Sustitución caldera n = 80% → 88%		Sustitución quemadores n = 75% → 79%	
			Nuevas emisiones	Emisiones evitadas	Nuevas emisiones	Emisiones evitadas	Nuevas emisiones	Emisiones evitadas
			(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)	(t CO ₂ /año)
10	34.0	198.6	169.2	29.4	180.5	18.1	188.5	10.1
15	51.0	297.8	253.8	44.0	270.8	27.0	282.8	15.0
20	68.0	397.1	338.5	58.6	361.0	36.1	377.0	20.1
25	84.9	495.8	422.6	73.2	450.7	45.1	470.7	25.1
30	95.9	560.1	477.3	82.8	509.1	51.0	531.7	28.4
40	128.0	747.5	637.1	110.4	679.6	67.9	709.7	37.8
50	159.9	933.8	795.9	137.9	848.9	84.9	886.5	47.3
60	192.1	1,121.9	956.1	165.8	1,019.9	102.0	1,065.1	56.8
80	247.4	1,444.8	1,231.4	213.4	1,313.5	131.3	1,371.7	73.1
100	309.3	1,806.3	1,539.5	266.8	1,642.1	164.2	1,714.9	91.4
125	386.6	2,257.7	1,924.2	333.5	2,052.5	205.2	2,143.4	114.3
150	463.9	2,709.2	2,309.0	400.2	2,462.9	246.3	2,572.0	137.2
200	618.4	3,611.5	3,077.9	533.6	3,283.1	328.4	3,428.6	182.9
250	773.2	4,515.5	3,848.4	667.1	4,105.0	410.5	4,286.9	228.6
300	927.7	5,417.8	4,617.4	800.4	4,925.2	492.6	5,143.5	274.3
350	1,082.3	6,320.6	5,386.9	933.7	5,746.0	574.6	6,000.6	320.0
400	1,237.1	7,224.7	6,157.4	1,067.3	6,567.9	656.8	6,858.9	365.8
500	1,546.4	9,031.0	7,696.9	1,334.1	8,210.0	821.0	8,573.7	457.3

Extrapolación a nivel nacional.

Considerando que el combustible sea gas natural, por ser el menos contaminante, se estima que existe al menos un potencial de reducción de GEI de 1.14 millones toneladas equivalentes de bióxido de carbono por año.

Tabla 20.- Consumo y potencial de ahorro y disminución de emisiones en calderas

Tipo de Equipo	% de Consumo Global	Potencial de ahorro	Consumo Global GJ/año 2011	Potencial de Ahorro GJ anual	Potencial anual Reducción GEI ton CO ₂ e
Calderas Eficientes con menos de 8 años de vida	30%	0	88,250,701	0	0
Calderas antiguas, más de 15 años y con mal mantenimiento	38%	13%	111,784,221	14,531,949	755,967
Calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular	32%	8%	94,134,081	7,530,726	391,756
Consumo Global	100%	7.5%	294,169,003	22,062,675	1,147,722

Instalación

Instalar una caldera es una labor delicada que debe efectuarse por una empresa especializada. Los fabricantes líderes y sus distribuidores cuentan también con la capacidad técnica y humana para realizar la instalación / sustitución de equipos en un programa masivo de ahorro de energía.

Una de las grandes ventajas de esta medida es que su aplicación no implica un paro significativo de planta. La PyME puede seguir laborando normalmente mientras en forma paralela se instala la caldera sustituta, lo cual puede llevar de 15 días hasta 3 meses dependiendo de la complejidad de las instalaciones. Cuando ya se tengan todos los componentes y accesorios debidamente instalados, sólo se interconecta la red principal a la nueva caldera. En general se debe procurar que la caldera cuente con las siguientes especificaciones:

- Compuertas de alivio de sobrepresión de gases, a la salida del segundo paso.
- Unidad de combustión de alta eficiencia.
- Unidad autocarburante con O₂ - TRIM, con medición continua en línea del % de O₂ con celda de circonio.
- Tubos flux de espesor calibre 11 como mínimo, para calderas de 80 CC en adelante (calibres inferiores de 14, 13 y 12 son inaceptables). Esto prolongará en gran medida la vida útil de la caldera.
- Tablero con alarma electrónica de 88 dBA a 3 m por falla de flama y por bajo nivel de agua.
- Sello ASME, con el DATA REPORT de un inspector reconocido por el ASME.
- Superficie de transferencia de calor de 5 ft²/CC.

- El diámetro del tubo cañón corrugado debe cumplir con la Norma ISO/DIS 5730.
- Consultar el coeficiente de fatiga de calor y liberación de flama en la guía técnica.

Modelos disponibles en el mercado.

En el anexo catálogos de calderas se presentan diversos modelos desde 10 caballos caldera en adelante, de los siguientes fabricantes:

Empresa: **Calderas Myrggo, SA**
Modelos: StarFire de 10 a 60 CC
StarFire de 80 a 150 CC
WetBack de 80 a 1500 CC
Calderas Vericales de 9.5 a 50 CC

Empresa: **Cleaver Brooks de México S. A. de C. V.**
Modelos: Tubos de humo de 20 a 800 CC

Empresa: **Grupo Calderas Powermaster**
Modelos: Mercatherm VAP "A1" y "A2" de 10 a 25 CC
CC A1 de 20 a 60 CC
CC A2 de 20 a 60 CC
"Wet Back" A1 y A2 de 80 a 1500 CC

Eficiencia de la caldera

Nuevamente puede usarse la ecuación de eficiencia de la caldera

$$\eta = \frac{Q}{Q_T}$$

La cantidad de calor Q_v es el calor total del vapor y la cantidad Q_T está conformada por el calor aportado por el combustible y el calor sensible del aire de combustión.

Para determinar la eficiencia de la caldera actual puede emplearse la ecuación:

$$\eta = \frac{V(h - h_a)}{P.C \times Q} \times 100\%$$

Donde:

η = Eficiencia de la caldera (%)

V = Flujo de vapor (kg/h)

h_v = Entalpía del vapor (kcal/kg)

h_a = Entalpía del agua (kcal/kg)

Q = Consumo del combustible (kg/h) o (m^3/h)

PC = Poder calorífico del combustible (kcal/kg) o (kcal/ m^3)

Para calcular el ahorro de combustible en función de un aumento en la eficiencia de la caldera, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo Esperado} = \text{Consumo Actual} \times \frac{\eta \text{ Actual}}{\eta \text{ Mejorada}}$$

Así por ejemplo, si en la fórmula anterior una caldera que consume 190 kg/h de diesel con eficiencia de 77.84% es sustituida por una con eficiencia del 85%, el nuevo consumo estará dado por:

$$\text{Consumo Esperado} = 190 \text{ kg/h} \times \frac{77.84 \%}{85 \%} = 174 \text{ kg / h}$$

El ahorro de combustible será de $190 - 174 \text{ kg/h} = 16 \text{ kg/h}$. Si la empresa opera 16 horas al día (2 turnos), lo que equivale a 5,840 h/año, el ahorro anual será de $16 \text{ kg/h} \times 5,840 \text{ h/año} = 93,440 \text{ kg/año}$. Tomando un precio¹¹ del diesel de MX\$ 10.72/L y densidad de 0.865 kg/L, este ahorro sería equivalente a 108,023 L de diesel ó MX\$ 1,158,008 cada año.

6.2 Propuesta 2. Sustitución de quemadores por otros de mayor eficiencia.

6.2.1 Información General

Los quemadores convencionales (atmosféricos) prácticamente no tienen control sobre el exceso de aire que se maneja y se pueden producir pérdidas de calor en la chimenea a la salida del equipo si no se instala una compuerta, en especial cuando la caldera está apagada. Por otro lado, el exceso de aire y las pérdidas en la chimenea se pueden controlar fácilmente con quemadores a presión los cuales controlan automáticamente los ventiladores y rampas. Un quemador eficiente resuelve ambos problemas, pues se puede ajustar para controlar el exceso de aire, y permite cerrar la compuerta de acceso de aire cuando la caldera está apagada.

Principios de Funcionamiento.

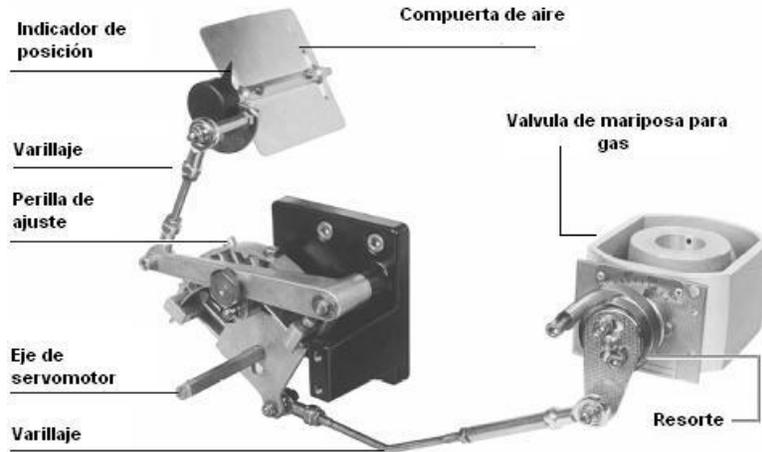
Todas las unidades de combustión de las calderas requieren de un exceso de aire para lograr una combustión óptima. A menor exceso de aire requerido, mayor será la eficiencia del proceso de combustión de la caldera. A continuación se describen las principales diferencias entre los quemadores convencionales y de alta eficiencia:

- Quemadores Convencionales.

Sistema de modulación de flama con ayuda de varillajes de unión entre la válvula de combustible y la compuerta de aire. Este sistema la modulación de flama se logra con la ayuda de varillajes de unión entre la válvula de combustible y la compuerta de aire. Sin embargo, presenta puntos negativos, como son: desajustes mecánicos, desgaste del sistema mecánico entre la unión y los varillajes, y una facilidad de manipuleo demasiado obvia por parte de los diferentes operadores de la caldera. Causas por las cuales se desajusta el quemador, se descarbura y se requiere la visita del técnico especialista en calderas para volver a carburar la

¹¹ Precio al 26 de octubre de 2012. Fuente: http://www.gasmart.com.mx/histo_gas.php

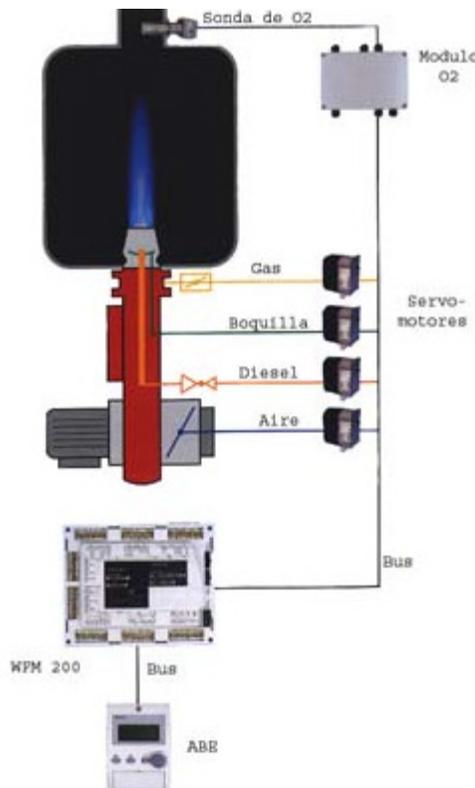
caldera, volviendo a ajustar dichos varillajes y en un momento dado cambiando las piezas mecánicas que habían sufrido un desgaste normal.



- Quemadores Alta Eficiencia

Tipo Sistema de micro modulación de flama con microprocesador y motores sin varillaje.

La unidad de combustión con operación electrónica que trabaja sin varillajes (linkage free). Por medio del controlador digital PID reactivo de combustión se opera al quemador o unidad de combustión a través de servomotores, eliminando los varillajes de interconexión entre la válvula de combustible y la compuerta de aire. El control digital encuentra la relación óptima de combustión aire/combustible siguiendo los parámetros introducidos durante la puesta en marcha del equipo en forma de curvas de operaciones óptimas, previamente definidas. Se estima que este tipo de quemadores proporciona ahorros en el consumo de combustible mensual, del rango de un 2% a 4%.



Tipo Micro Modulación con sensor de O2

La cantidad de aire que inyecta el ventilador del quemador al proceso de combustión dentro de la caldera varía con la temperatura del aire que está succionando, empleando un sensor con celda de dióxido de circonio y un sistema de precalentamiento continuo. Agregando un analizador de gases de combustión con un sensor de porcentaje de O2 al sistema de micro modulación de flama con microprocesador. El sistema de auto carburación electrónica checa el exceso de aire o porcentaje de O2 en forma continua, permite operar con menores exceso de aire constantemente y a la vez corrige los excesos

de aire que se generan por diferencias de temperatura del aire externo.

Se estima que este tipo de sistema proporciona ahorros con respecto a los quemadores estándar en el consumo de combustible mensual de un 8% o más, dependiendo de las temperaturas del aire externo y sus variaciones durante el mes.

En calderas nuevas por medio de esta tecnología, se obtienen eficiencias de hasta el 93% en base seca. Generando adicionalmente grandes ahorros en el consumo de combustible mensual.

6.2.2 Información Técnica

Vida útil promedio: 20 años

Consumo de energía.

Dependiendo de su capacidad y las horas de operación con quemadores de alta eficiencia, una caldera entre un 2 a 8 % menos energía. La siguiente tabla muestra el consumo de energía que una caldera trabajando 16 horas diarias acumularía en un año, se observa también la reducción que lograría si operará con quemadores de alta eficiencia.

Tabla 21.- Consumo de una caldera estándar y el consumo equivalente con quemadores de alta eficiencia

Caballos Caldera (CC)	Sustitución de quemadores en calderas estándar n = 75% → 79%					
	Diesel (GJ/año)		Gas natural (GJ/año)		Gas LP (GJ/año)	
	Equipo Estándar	Con Quemadores Alta Eficiencia	Equipo Estándar	Con Quemadores Alta Eficiencia	Equipo Estándar	Con Quemadores Alta Eficiencia
10	3,135	2,976	2,722	2,584	3,379	3,208
15	4,703	4,465	4,095	3,888	5,069	4,812
20	6,271	5,953	5,444	5,168	6,758	6,416
25	7,838	7,441	6,817	6,472	8,448	8,020
30	8,978	8,523	7,701	7,311	9,540	9,057
40	11,943	11,338	10,260	9,741	12,734	12,089
50	14,935	14,179	12,819	12,170	15,907	15,102
60	17,928	17,020	15,378	14,599	19,101	18,134
80	23,315	22,134	21,520	20,430	24,602	23,356
100	28,873	27,411	26,894	25,532	30,763	29,205
125	36,113	34,284	33,618	31,916	38,449	36,502
150	43,324	41,130	40,342	38,299	46,134	43,798
200	57,774	54,849	53,789	51,066	61,505	58,391
250	72,197	68,541	67,236	63,832	76,897	73,003
300	86,647	82,260	80,683	76,598	92,268	87,596
350	101,098	95,979	94,130	89,364	107,639	102,189
400	115,520	109,671	107,578	102,131	123,031	116,802
500	144,422	137,109	134,472	127,663	153,794	146,007

Potencial de Ahorro de Energía

Los quemadores de alta eficiencia que se proponen son del tipo “Micro modulación” con sensor de O₂ que podrían producir mejoras sustanciales en la eficiencia de la caldera. Se considera factible obtener ahorros del 8% sobre la operación de una caldera convencional de más de 15 años en operación y 4% en calderas de más de entre 8 y 15 años. Esto conduce a valorar el potencial de ahorro anual en 5 millones de GJ de menor consumo de combustibles.

Reducción de GEI

Nuevamente utilizando el método propuesto por el del Programa GEI México y considerando que el combustible sea gas natural, debido a ser el menos contaminante, se estima que existe al menos un potencial de reducción de GEI de 1.14 millones de toneladas equivalentes de bióxido de carbono.

Tabla 22.- Potencial de reducción del GEI utilizando diversos combustibles

Caballos Caldera (CC)	Reducción de consumo de energía y emisiones					
	Diesel		Gas natural (GJ)		Gas LP (GJ)	
	GJ año	Emisiones en kg CO ₂ /h	GJ año	Emisiones en kg CO ₂ /h	GJ año	Emisiones en kg CO ₂ /h
10	159	10.6	138	9.2	171	11.4
15	238	15.9	207	13.8	257	17.1
20	318	21.2	276	18.4	342	22.8
25	397	26.5	345	23.0	428	28.5
30	455	30.3	390	26.0	483	32.2
40	605	40.4	519	34.6	645	43.0
50	756	50.4	649	43.3	805	53.7
60	908	60.6	779	52.0	967	64.5
80	1,181	78.8	1,090	72.7	1,246	83.1
100	1,462	97.5	1,362	90.8	1,558	103.9
125	1,829	122.0	1,702	113.5	1,947	129.9
150	2,194	146.3	2,043	136.3	2,336	155.8
200	2,925	195.1	2,723	181.6	3,114	207.7
250	3,656	243.9	3,404	227.1	3,894	259.7
300	4,387	292.6	4,085	272.5	4,672	311.6
350	5,119	341.4	4,766	317.9	5,450	363.5
400	5,849	390.1	5,447	363.3	6,229	415.5
500	7,313	487.8	6,809	454.2	7,787	519.4

Tabla 23.- Extrapolación del potencial de reducción del GEI utilizando gas natural

Tipo de Equipo	% de Consumo Global	Potencial de ahorro	Consumo Global GJ/año 2011	Potencial de Ahorro GJ anual	Potencial anual Reducción GEI ton CO ₂ e
Calderas Eficientes con menos de 8 años de vida	30%	0	88,250,701	0	0
Calderas antiguas, más de 15 años y con mal mantenimiento	38%	13%	111,784,221	14,531,949	755,967
Calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular	32%	8%	94,134,081	7,530,726	391,756
Consumo Global	100%	7.5%	294,169,003	22,062,675	1,147,722

Instalación y mantenimiento

La instalación de quemadores debe realizarla una empresa especializada. Los fabricantes líderes y sus distribuidores también cuentan con la capacidad técnica y humana necesaria. La instalación de quemadores de alta eficiencia no modifica el mantenimiento que requiere la caldera.

Modelos disponibles en el mercado.

En el anexo catálogos de quemadores de alta eficiencia se presentan diversos modelos desde 10 caballos caldera en adelante, de los siguientes fabricantes.

A continuación se presentan los datos de algunos fabricantes y proveedores nacionales de calderas:

Empresa: Calderas Myrggo, SA
Teléfono: (81) 8377-6550 / 8377-6570
Internet: www.myrggo.com.mx
Dirección: Av. San Sebastián No. 905, Fraccionamiento Valles de Linda vista, Cd. Guadalupe, Nuevo León, CP 67130

Empresa: Cleaver Brooks de Mexico S. A. de C. V.
Teléfono: 5567-3166, 5567-3369, 5567-3182
Internet: <http://cleaver-brooks.com.mx/>
Dirección: Poniente 148 No 973 Col. Industrial Vallejo, México D. F. 02300, Azcapotzalco

Empresa: SELMEC Equipos Industriales, SA de CV
Teléfono: (55) 5128-1700
Internet: www.selmec.com.mx
Dirección: Manuel Ma. Contreras No. 25, Col. San Rafael, C.P. 06470, México, D.F.

Empresa: Grupo Calderas Powermaster
Teléfono: 55 5393 8449, 5393 5711, 5393 5700, 5393 5770

Internet: <http://www.powermaster.com.mx/>
Dirección: Federico T. de la Chica No. 17-203. Colonia Ciudad Satélite. Naucalpan de Juárez, Estado de México, México CP. 53100

Empresa: Robert Bosch S de RL de CV
Teléfono: (52) 55 5284 3044, 5284 3077
Internet: www.bosch.com.mx
Dirección: Circ. González Camarena 333, Sta Fé México DF

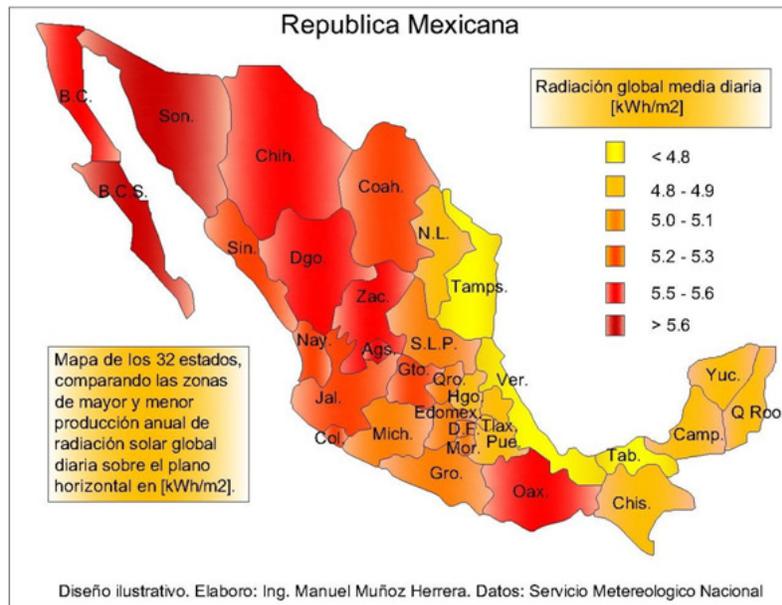
Empresa: CALDERAS DEL NORTE S.A. de C.V.
Trampas de Vapor, Quemadores, Calentadores de Agua.
San Francisco No. 1225 Col. Fresnos del Lago San Nicolás de los Garzas N.L.

6.3 Propuesta 3. Sustitución de calentadores de agua convencionales por calentadores solares.

6.3.1 Información General

México cuenta con condiciones climáticas favorables y una radiación solar que brinda la posibilidad de aprovecharla para diferentes usos. A continuación se presenta un mapa con los valores promedio mensual de radiación solar en la república mexicana.

Figura. 3 Valores promedio mensual de radiación solar de la República Mexicana



La energía solar térmica es la más económica y rentable de las energías renovables, además de ser una energía limpia que puede emplearse para calentamiento de agua, tanto en instalaciones residenciales como empresariales.

Para poner en marcha una instalación de energía solar para calentar agua, hace falta disponer de un colector y un tanque de reserva. El colector es el encargado de recoger la radiación solar para calentar el agua u otro fluido conductor de calor. Una vez que el agua está caliente se almacena y deposita en el tanque de reserva para ser usada posteriormente. Los calentadores solares de agua pueden ser activos, usando bombas eléctricas y reguladores para hacer circular el agua a través de los colectores; o pasivos, funcionando mediante gravedad y la tendencia natural del agua a circular cuando se calienta.

Campo de aplicación

Los calentadores solares pueden emplearse en todas las empresas que utilicen agua caliente. Se estima que 1.5 millones de empresas PyME ocupan calentadores convencionales susceptibles de ser reemplazados parcial o totalmente por calentadores solares. Los calentadores solares se pueden clasificar en planos o con concentración.

Colectores solares planos:

- Colector de placa plana (con una o dos cubiertas).
- Colectores de placa plana con aislamiento térmico transparente (TIM).
- Colectores de tubos evacuados (gas de baja conductividad o aislamiento de vacío).

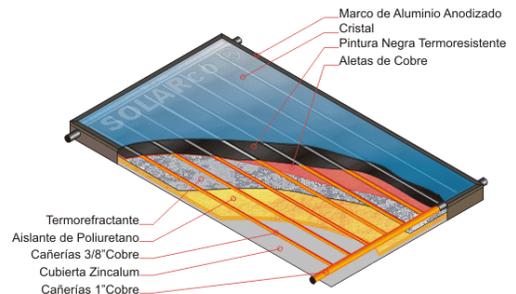
Colectores solares con concentración:

- Concentradores parabólicos compuestos (estacionarios o con seguimiento solar).
- Concentradores de cilindro parabólico (foco lineal).
- Concentradores de disco parabólico (foco puntual).
- Entre otros.

Los colectores solares planos se usan principalmente para el precalentamiento de agua en la industria ya que se logra tener temperaturas que van de los 50 °C a 95 °C como máximo. Sin embargo los colectores con concentración son utilizados por lo general para la generación de energía eléctrica en plantas termoeléctricas híbridas. En pocas ocasiones se puede llegar a aplicaciones industriales (200-300 °C), pero no es tan común por el alto precio de esta tecnología. En este estudio sólo se analizarán los sistemas planos.

Colectores solares planos protegidos

Se usan para captar el calor del sol pasando agua por tubos de cobre bien aislados con una capa negra que absorbe la radiación al máximo. Frecuentemente se conocen como colectores solares planos o paneles solares térmicos. Estos colectores de placa plana se componen de cuatro elementos principales: la cubierta transparente (vidrio o similar), la placa captadora (superficie negra que absorbe la luz solar), el aislante y la carcasa (contenedor de todo lo anterior).



1. Cubierta transparente: Es la encargada de dejar pasar la radiación solar, evitar que el calor emitido por la placa captadora se vaya del sistema y reducir las pérdidas por convección. Se logra el efecto invernadero con una cubierta de vidrio o plástico y de esta forma se aumenta la eficiencia del colector.

2. Placa captadora: Tiene por misión absorber de la forma más eficiente posible la radiación solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transferencia al fluido portador (agua, aceite y aire, entre otros).

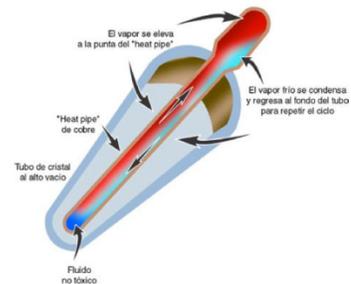
3. Aislamiento: La placa captadora está protegida en su parte posterior y lateral por un aislamiento que evita las pérdidas térmicas hacia el exterior. Los materiales más usados son lana de vidrio, espuma rígida de poliuretano y poliestireno expandido.



4. Carcasa: Es la encargada de proteger y soportar los elementos del colector, además de servir de enlace con el edificio por medio de los soportes. Sus dimensiones habituales son 80-120 cm de ancho; 150-200 cm de alto; y 5-10 cm de espesor. La cara expuesta al sol está cubierta por un vidrio muy fino, mientras que las cinco caras restantes son opacas y están aisladas térmicamente.

Colector de tubos de vacío

El concepto “*heat pipe*” es una evolución del tubo de flujo directo que trata de eliminar el problema del sobrecalentamiento, presente en los climas más calurosos. En este sistema se utiliza un fluido que se evapora al calentarse ascendiendo hasta un intercambiador ubicado en el extremo superior del tubo. Ahí se enfría y vuelve a condensarse transfiriendo el calor al fluido principal.

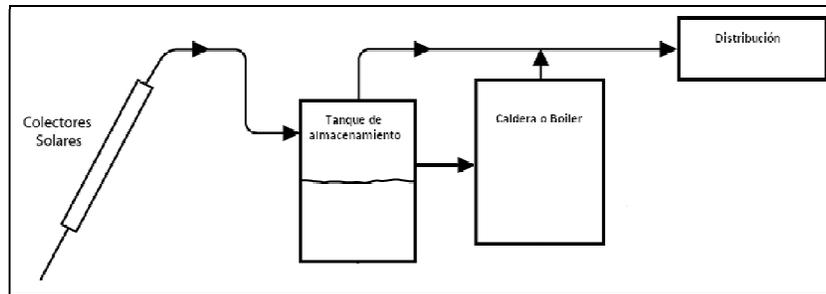


Este sistema presenta una ventaja en los veranos de los climas cálidos, pues una vez evaporado todo el fluido del tubo éste absorbe mucho menos calor por lo que es más difícil que los tubos se deterioren o estallen. También presenta la ventaja de perder menos calor durante la noche, pues la transferencia de calor a diferencia de los tubos de flujo directo sólo se produce en una dirección.

Principio general de funcionamiento

El principio general de funcionamiento es independiente del tipo de calentador solar que se utilice. Se comienza con el calentamiento de agua con los colectores solares, la cual se envía a un tanque de almacenamiento, preferentemente aislado, para que la temperatura del agua se mantenga alta por más tiempo. Cuando el agua alcanza la temperatura deseada se envía a los usuarios, y de otro modo se desvía al sistema de respaldo. Cabe destacar que el sistema de respaldo únicamente se utilizará cuando la radiación solar sea insuficiente o cuando el agua almacenada no esté a la temperatura requerida.

Figura 4. Funcionamiento de un colector solar



Información Técnica

Vida útil: Los colectores solares de agua tienen una vida de 20 a 25 años y no necesitan de mucho mantenimiento mientras se mantengan limpios de polvo.

Consumo de energía. En principio estos equipos no consumen combustible, y por tanto no generan emisiones de GEI, salvo cuando se apoyan en sistemas de respaldo tradicionales. En este caso se tendrá un consumo de combustible reducido.

Potencial de ahorro energético

El potencial de ahorro al sustituir calentadores convencionales por calentadores de agua solares es amplio; con fines de mostrar un escenario en esta sección, se presenta la evaluación de al menos un 20% considerando que sea necesario usar algún combustible como respaldo para calentar el agua. Como se indicó en la Tabla 24, el consumo asociado al calentamiento de agua asciende a 61.11 TJ/año, con un potencial de ahorro de 12.22 TJ/año, que significan también una reducción de GEI de 725,549 teq CO₂.

Tabla 24.- Potencial de ahorro al sustituir calentadores convencionales

Sistema Térmico	Consumo PyME GJ/año
Calentadores solares de agua	61,113,300
Potencial de ahorro	20%
Potencial de Ahorro en GJ	12,222,660
Potencial de reducción en teq CO ₂	725,549

6.3.2 Información Comercial.

Mercado Actual.

En México el mercado de colectores solares está creciendo aceleradamente. La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) cuenta con un registro de más de 50 distribuidores en todo el país.

7 Tarea 5. Elaborar escenarios de ahorro de energía y emisiones de GEI para diversas combinaciones (“mix”) de tecnologías térmicas.

Escenario 1. Potencial máximo de ahorro en calderas y en calentadores de agua

Supuestos:

- Sustitución del 100% de las calderas de > 15 años de edad
- Sustitución del 100% de las calderas entre 8 y 15 años de edad
- Sustitución del 100% de los calentadores convencionales por calentadores solares, consumir combustibles cuando no exista sol.

Ahorros estimados:

- Ahorros de 56.6 PJ/año, ó 11.3 % de la energía térmica consumida por las PyME
- Reducciones de GEI de 3.2 millones de Teq CO₂.

Tabla 25.- Escenario 1, Potencial de ahorro y reducción de GEI

Concepto en referencia	Cantidad de Equipos	Potencial de ahorro	Consumo Global GJ	Potencial de Ahorro GJ	Potencial Reducción GEI Teq
Calderas Eficientes 30% de consumo, con menos de 8 años	150,000	0.0%	88,250,701	0	0
Calderas antiguas, más de 15 años y con mal mantenimiento	190,000	13.0%	111,784,221	14,531,949	755,967
Calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular	160,000	8.0%	94,134,081	7,530,726	391,756
Sustitución de calentadores (GAS LP) de agua convencionales por calentadores solares.	1,500,000	50.0%	69,070,380	34,535,190	2,050,043
TOTAL	2,000,000	11.3	363,239,383	56,597,865	3,197,766

Escenario 2. Sustitución de calderas antiguas y de quemadores en calderas estándar de al menos 8 años de operación, cambio de calentadores de agua por equipos solares.

Supuestos:

- Sustitución del 100% de las 190,000 calderas de > 15 años de edad
- Instalación de quemadores eficientes en el 100% de calderas de entre 8 y 15 años de trabajo.
- Sustitución del 100% de los calentadores convencionales por calentadores solares, consumir combustibles cuando no exista sol.

Este escenario reporta ahorros anuales por 52.8 PJ y tendrán un impacto ambiental de reducción de GEI por 3 millones de teq CO₂.

Tabla 26.- Escenario 2

Concepto en referencia	Cantidad de Equipos	Potencial de ahorro	Consumo Global Anual GJ	Potencial de Ahorro GJ	Potencial Reducción GEI Teq
Calderas Eficientes 30% de consumo, con menos de 8 años	150,000	0.0%	88,250,701	0	0
Calderas antiguas, más de 15 años y con mal mantenimiento	190,000	13.0%	111,784,221	14,531,949	755,967
Sustitución de quemadores en calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular	160,000	4.0%	94,134,081	3,765,363	195,878
Sustitución de calentadores (GAS LP) de agua convencionales por calentadores solares.	1,500,000	50.0%	69,070,380	34,535,190	2,050,043
TOTAL	2,000,000	14.5%	363,239,383	52,832,502	3,001,888

Escenario 3. Suposición sólo el 20% del consumo corresponde con calderas modernas y eficientes.

Este escenario es similar al primero con la diferencia de reducción del número de calderas a las que no se propone cambio, siendo un 20% del consumo total. Asimismo se incrementa el rango de calderas mayores a 8 años.

Tabla 27.- Escenario 3

Concepto en referencia	Cantidad de Equipos	Potencial de Ahorro	Consumo Global GJ/año 2011	Potencial de Ahorro GJ	Potencial Reducción GEI Teq
Calderas Eficientes 20% del consumo global	100,000	0	58,833,801	0	0
Calderas antiguas, más de 15 años y con mal mantenimiento	190,000	13%	111,784,221	14,531,949	755,967
Calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular	210,000	8%	123,550,981	9,884,078	514,180
Sustitución de calentadores (GAS LP) de agua convencionales por calentadores solares.	1,500,000	50.0%	69,070,380	34,535,190	2,050,043
TOTAL	2,000,000	16.2%	363,239,383	58,951,217	3,320,190

Escenario 4. Se propone sustituir 20 % por equipos de alta eficiencia.

Supuestos:

- Sustitución del 20% de las calderas de > 15 años de edad
- Sustitución del 20% de las calderas entre 8 y 15 años de edad
- Instalación de quemadores eficientes en el 20% de calderas de entre 8 y 15 años.
- Sustitución del 20% de los calentadores convencionales por calentadores solares, consumir combustibles cuando no exista sol.

Tabla 28.- Escenario 4

Concepto en referencia	Cantidad de Equipos	Consumo Global GJ/año 2011	Potencial de Ahorro	Equipos sustituidos	Potencial de Ahorro GJ	Potencial Reducción GEI Teq
Calderas Eficientes 30% de consumo, con menos de 8 años	150,000	88,250,701	0	0	0	0
Calderas antiguas, más de 15 años y con mal mantenimiento	190,000	111,784,221	13%	38,000	2,906,390	151,193
Calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular	160,000	94,134,081	8%	32,000	1,506,145	78,351
Sustitución de quemadores en calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular			4%	32,000	753,073	39,176
Sustitución de calentadores (GAS LP) de agua convencionales por calentadores solares.	1,500,000	69,070,380	20%	300,000	13,814,076	820,017
TOTAL	2,000,000	363,239,383	5.2%	402,000	18,979,684	1,088,737

Este escenario reporta ahorros anuales por 18 PJ y tendrán un impacto ambiental de reducción de GEI por 1.08 millones de teq CO₂.

Escenario 5. Se propone sustituir 30 % por equipos de alta eficiencia.

Supuestos:

- Sustitución del 20% de las calderas de > 15 años de edad
- Sustitución del 20% de las calderas entre 8 y 15 años de edad
- Instalación de quemadores eficientes en el 20% de calderas de entre 8 y 15 años.
- Sustitución del 20% de los calentadores convencionales por calentadores solares, consumir combustibles cuando no exista sol.

Este escenario reporta ahorros anuales por 25.8 PJ y tendrán un impacto ambiental de reducción de GEI por 1.49 millones de teq CO₂.

Tabla 29.- Escenario 5

Concepto en referencia	Cantidad de Equipos	Consumo Global GJ/año 2011	Potencial de Ahorro	Equipos sustituidos	Potencial de Ahorro GJ	Potencial Reducción GEI Teq
Calderas Eficientes 30% de consumo, con menos de 8 años	150,000	88,250,701	0	0	0	0
Calderas antiguas, más de 15 años y con mal mantenimiento	190,000	111,784,221	13%	57,000	2,906,390	151,193
Calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular	160,000	94,134,081	8%	48,000	1,506,145	78,351
Sustitución de quemadores en calderas con más de 8 años de operación o eficiencia regular			4%	48,000	753,073	39,176
Sustitución de calentadores (GAS LP) de agua convencionales por calentadores solares.	1,500,000	69,070,380	30%	300,000	20,721,114	1,230,026
TOTAL	2,000,000	363,239,383	7.1%	453,000	25,886,722	1,498,746

8 Conclusiones y Recomendaciones

En México se calcula existen cerca de 5 millones de micro, pequeñas y medianas empresas, el 40% de ellas utiliza alguna forma de energía térmica, ya sea en forma de vapor, agua o algún fluido caliente, o mediante fuego directo.

Como fuente de energía térmica las PyME utilizan principalmente combustibles como Diesel, Gas LP, Gas Natural, en menor medida combustóleo y en algunos casos de calentamiento de agua electricidad.

El consumo anual de energía térmica de las PyME es anualmente de 442.85 PJ. Se considera posible aplicar diversas medidas para ahorro de energía que podrían reducir entre 10 y 15% los consumos térmicos.

El uso de la energía térmica se manifiesta en diversas aplicaciones pero se considera que los equipos de mayor consumo de energía térmica dentro de las PyME son calderas para generar vapor y los calentadores de agua. Por ello para impactar el consumo térmico de las PyME las acciones de ahorro de energía deben ir dirigidas a las calderas y calentadores de agua.

Se estima que en México se encuentren operación cerca de 500,000 calderas y que adicionalmente existan otras 750,000 que trabajen ocasionalmente o como respaldo de las anteriores.

Se considera que la sustitución de calderas ineficientes, aproximadamente 350,000, por otras de alta tecnología y alta eficiencia será una medida certera de ahorro, que puede conducir al ahorro anual de 19.5 Peta Joules, que producirán una disminución de Gases Efecto Invernadero por más de un millón de toneladas (1, 012,498) equivalentes de CO₂.

En algunas calderas se podría sólo reemplazar los quemadores de las mismas, en tal caso es necesario que opte por quemadores de alta tecnología con flama regulable, automatizada según la relación aire combustible. Esta medida es viable para calderas con más de 8 años de operación o que fueron compradas sin tomar en consideración la eficiencia energética.

El consumo de combustibles de los calentadores de agua puede reducirse primero dando prioridad al uso de calentadores de paso y luego sustituyendo el uso de combustibles por el calentamiento solar. Se percibe que al menos el 20% del consumo puede hacerse con energía solar. El potencial de ahorro por dejar de utilizar combustibles es de 18.33 Peta Joules, que redundan en una evitar 725,549 toneladas equivalentes de CO₂.

Las acciones de ahorro que se recomiendan tanto para calderas como para calentadores de agua, conllevan un potencia de ahorro energético anual de 37.8 Peta Joules y una mitigación de GEI de 1.73 millones de Toneladas equivalentes de CO₂.

Existen muchas otras medidas para ahorrar energía que también tendrían impactos positivos, algunas se han listado dentro de este reporte, se agrega dentro de los anexos un listado mayor.

Ninguna de las medidas que se recomiendan sustituye a un buen diagnóstico energético realizado por un acreditado especialista en energía térmica. Es muy conveniente que aquella empresa que se interese en aplicar acciones de mejora y ahorro de energía cuente con la asesoría del especialista.

**Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn/ Alemania
Telefon: +49 228 44 60-0
Fax: +49 228 4460-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/ Alemania
Telefon: +49 6196 79-0
Fax: +49 6196 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle
C.P. 03100, México D.F.
T +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico

