



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PROGRAMA DE ENERGÍA

**Mejora de la eficiencia energética en  
sistemas de calentamiento de agua en las  
MiPyMEs del Sector Servicios**

**I N F O R M E**

QUE PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN:

**INGENIERÍA EN SISTEMAS  
ENERGÉTICOS**

P R E S E N T A:

**Yotzelin Saldaña Beltrán**

TITULACIÓN POR MEMORIA DE  
EXPERIENCIA PROFESIONAL

Ciudad de México, Noviembre, 2021

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

### DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

**LECTORES:**

1<sup>er</sup>. Lector: Dra. Ma. Claudia Roldán Ahumada  
2<sup>do</sup>. Lector: Dr. Carlos Chávez Baeza

Lugar donde se realizó la carrera:

Plantel San Lorenzo Tezonco, UACM

---

Coordinador de la Carrera

Dr. Fernando G. Arroyo Cabañas

## Dedicatorias

A mi madre Ana Luisa, quien es mi mayor ejemplo en la vida, porque con su amor, paciencia y esfuerzo me permitió alcanzar esta meta, gracias por enseñarme a no rendirme, a trabajar duro y a soñar en grande.

A Lucy, mi abuela querida, quien con su amor me ha impulsado a cada instante, por creer en mí incluso cuando yo dejé de hacerlo, por ser mi inspiración y fuerza en cada momento.

A mis hermanas Fany y Karen, quienes han recorrido este camino conmigo, atravesando baches y desventuras, hoy me toca celebrar a mí, pero sé que pronto celebraremos por ustedes, las amo.

## Agradecimientos

A la UACM por acogerme entre sus aulas y darme una segunda oportunidad, a mis profesores que durante la carrera con paciencia y dedicación compartieron sus conocimientos, mismos que me han permitido crecer día con día, no solo profesionalmente sino humanamente.

A la CONUEE por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, principalmente a Rosa María Valdés y Jorge Soriano por creer en mí desde un inicio, gracias jefa por sus múltiples enseñanzas, por la paciencia y por la amistad, gracias Héctor por la confianza, por el respaldo y sobre todo por el aprendizaje.

A la Dra. Claudia Roldán y al Dr. Carlos Chávez por el acompañamiento y apoyo, no solo durante este trabajo, sino a lo largo de la carrera, gracias Dra. Claudia por alentarme siempre a hacer más, por los consejos y la amistad, gracias Dr. Carlos por su compromiso para hacer de nosotros mejores profesionistas.

## Tabla de contenido

Definiciones.....	5
Resumen .....	7
Introducción.....	9
Metodología.....	16
Capítulo 1. Levantamiento de información .....	18
1.1. Datos generales de la instalación .....	19
1.2. Consumos de energía y agua .....	19
1.3. Parámetros y condiciones de operación asociados al consumo de agua caliente .....	20
1.3.1. Hotel.....	20
1.3.2. Centro deportivo o gimnasio.....	21
1.3.3. Restaurante .....	21
1.3.4. Lavandería.....	22
1.4. Condiciones actuales de los equipos y componentes del sistema de calentamiento de agua.....	23
1.4.1. Características del sistema de calentamiento de agua.....	23
1.4.2. Elementos del sistema de calentamiento de agua.....	25
• <i>Calentadores de agua</i> .....	25
• <i>Calderas</i> .....	26
• <i>Tanques de almacenamiento de agua caliente</i> .....	27
• <i>Red de distribución</i> .....	28
• <i>Dispositivos de uso final</i> .....	29
• <i>Mantenimiento del sistema</i> .....	29
• <i>Memoria fotográfica</i> .....	29

Capítulo 2. Procesamiento y análisis de la información.....	31
2.1. Análisis por indicadores.....	31
2.1.1. Línea base de consumo (Agua caliente y energía).....	32
2.1.2. Generación de indicadores .....	36
2.1.3. Comparación de indicadores .....	37
2.2. Análisis por pérdidas de energía en el calentador y/o caldera de calentamiento de agua .....	39
2.3. Pérdidas por factor de carga térmica.....	41
2.4. Pérdidas de energía en la red de distribución de agua caliente .....	43
Capítulo 3. Selección de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía.....	45
3.1. Implementación de las acciones recomendadas por estado, operación y mantenimiento del equipo e instalación de calentamiento de agua .....	46
3.2. Sustitución de calentadores domésticos / comerciales y/o calderas .....	48
3.3. Distribución de agua caliente.....	51
3.4. Aislamiento térmico.....	51
3.5. Tratamiento de agua.....	52
3.6. Bombas y ventiladores.....	53
Capítulo 4. Evaluación de las medidas y acciones de ahorro.....	55
4.1. Por sustitución de equipo.....	55
4.2. Por aplicación de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía .....	56
4.3. Por implementación de un sistema solar térmico .....	58
Conclusiones.....	60
Referencias .....	62
Anexos.....	65
Anexo A1. Formato de levantamiento, Hoteles.....	65
Anexo A2. Formato de levantamiento, Centro Deportivo .....	65

Anexo A3. Formato de levantamiento, Restaurante .....	65
Anexo A4. Formato de levantamiento, Lavandería .....	65
Anexo B. Memoria fotográfica de la instalación .....	66
Anexo C. Lista de verificación equipo de calentamiento .....	69
Anexo D. Datos climatológicos por estado .....	71
Anexo E. Consideraciones para la generación de indicadores de evaluación .....	73
Anexo F. Poder calorífico por tipo de combustible .....	74

## Índice de tablas

Tabla 1. Formatos para la recopilación de datos por tipo de MiPyME .....	20
Tabla 2. Tipo de sistemas de calentamiento de agua.....	24
Tabla 3. Temperatura de consumo de agua caliente.....	33
Tabla 4. Lista de dotación mínima de agua potable y unidad de consumo por establecimiento .....	34
Tabla 5. Indicadores por tipo de establecimiento .....	36
Tabla 6. Indicadores por tipo de Variable .....	37
Tabla 7. Eficiencia energética en la instalación con base en indicadores .....	38
Tabla 8. Estimación de la eficiencia del calentador de agua (pérdidas máximas) .....	41
Tabla 9. Factores de simultaneidad y almacenaje. ....	43
Tabla 10. Recomendaciones de eficiencia energética para sistemas de calentamiento de agua .....	47
Tabla 11. Medidas de eficiencia energética relacionadas con la sustitución de equipos de calentamiento.....	48
Tabla 12. Efecto de un tratamiento inadecuado al agua.....	52
Tabla 13. Recomendaciones de eficiencia energética relacionadas con el tratamiento de agua .....	53
Tabla 14. Recomendaciones de eficiencia energética en bombas y motores .....	54

Tabla 15. Costos indicativos de calentadores de agua por tipo de tecnología (Calentadores Domésticos y Comerciales).....	57
Tabla 16. Costos indicativos en calderas por tipo de tecnología (calderas).....	58
Tabla 17. Costos indicativos para sistemas solares térmicos por tipo de sistema.....	59

## Definiciones

<b>Concepto</b>	<b>Definición</b>
<b>Caldera</b>	Recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica.
<b>Calentador de agua</b>	Es un aparato diseñado para producir agua caliente, únicamente en forma líquida, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente. Pueden ser activados mediante electricidad, gas L.P. o gas natural.
<b>Calentador de agua a gas L.P. o natural</b>	Aparato diseñado para calentar agua. Cuenta con una cámara de combustión, un intercambiador de calor, un quemador y un piloto o encendido electrónico. Utiliza como combustible gas L.P. o gas natural, y puede tener un control de temperatura automático (termostato) o control de encendido por presión y aislamiento térmico cuando aplique.
<b>Calentador de agua eléctrico</b>	Es un dispositivo diseñado para calentar agua. Cuenta con un depósito de agua, un intercambiador de calor, una resistencia eléctrica, y un encendido electrónico. Utiliza electricidad para operar y tiene un control de temperatura automático, y dispositivos de seguridad.
<b>Calentador doméstico</b>	Aparato para calentar agua con carga térmica máxima de 35,0 kW (SENER, 2021).
<b>Calentador comercial</b>	Aparato para calentar agua con carga térmica mayor de 35,0 kW hasta 108,0 kW (SENER, 2021).
<b>Calentador de agua solar</b>	Aparato integrado por un colector solar para calentar agua y un tanque térmico para almacenarla, cuya fuente de energía es la radiación solar (SENER, 2018).

<b>Perfil del consumo de agua caliente</b>	Relación del volumen de agua caliente utilizado durante las 24 horas del día.
<b>MiPyMEs</b>	Comprende a la micro, pequeña y mediana empresa, localizadas en México, con un rango de personal ocupado hasta 10 empleados para la microempresa y desde 11 hasta 100 empleados para las pequeñas y medianas empresas (Secretaría de Economía, 2009).
<b>Revisión energética</b>	Identificación de los principales elementos que componen el sistema de calentamiento de agua actual, así como el uso y consumo de energía para agua caliente. Revisión de la información documental referente a los consumos energéticos del sistema actual.

## Resumen

En el presente informe se describe parte de mi experiencia profesional que he adquirido dentro de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), con el desarrollo del proyecto Calor Solar en el Sector Servicios, cuyo principal objetivo es promover el ahorro, uso eficiente y sustentable de la energía en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas del Sector Servicios que utilizan agua caliente sanitaria para su operación.

En este documento se expone el procedimiento realizado en una evaluación energética del sistema de calentamiento de agua instalado en la MiPyME, para realizar este procedimiento fue necesario basarme sobre los conocimientos adquiridos en la carrera, como es el caso de Calidad de los Sistemas Energéticos a través de la cual se identificaron los conceptos y etapas donde la energía es involucrada durante el proceso de calentamiento de agua, Combustión y Combustible para identificar el tipo de proceso y uso de combustibles según la caldera o el equipo de calentamiento utilizado, Diagnósticos y Evaluación de Proyectos Energéticos que permitieron dar un orden al proceso desde la recopilación de datos hasta la recomendación de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía, así como termodinámica, mecánica de los fluidos, transferencia de calor, entre otros cursos, que me permitieron identificar los puntos críticos dentro de la instalación de agua caliente en donde se pierde energía, realizar algunas aproximaciones sobre estas pérdidas y generar opciones para reducirlas.

La evaluación está compuesta de 5 pasos clave a través de los cuales es posible llevar a cabo una evaluación vía remota, es decir será realizada directamente por el personal de la MiPyME con el acompañamiento técnico a distancia de la CONUEE.

El primer paso es efectuar *la recopilación y registro de datos*, una vez obtenida esta información se realiza una *estimación de la eficiencia térmica* que guarda la instalación a través de un valor estimado, conociendo este valor será posible *procesar y analizar* las medidas y acciones de eficiencia energética a realizar en la instalación, mismas que se presentarán en un informe *de recomendaciones en materia de ahorro y uso eficiente de la*

*energía* a la empresa interesada, la cual determinara las acciones a implementar según sus condiciones, contando con *la asistencia técnica* de la Comisión.

Las MiPyMEs que utilizan agua caliente para el desempeño de sus funciones la obtienen como resultado de un proceso de combustión, que cede la energía al agua, teniendo como combustibles al gas LP, gas Natural, combustóleo, diésel y leña, los cuales generan junto con el sector residencial el 3.9 % de las emisiones totales de GEI a nivel nacional. (Aguilar, 2022)

Al mejorar la eficiencia del sistema de calentamiento actual instalado en la MiPyME, no solo se reduce significativamente el uso de combustible y con esto la disminución de emisiones GEI, sino también los costos de operación y mantenimiento, permitiendo a los interesados generar grandes ahorros económicos en tiempos de crisis.

## Introducción

El presente informe está enfocado en la descripción de mi experiencia profesional realizada en la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), durante el periodo octubre 2017 - agosto 2021, dentro de la Dirección de Fomento, Difusión e Innovación, área encargada de la implementación del Mecanismo Financiero Piloto en la Península de Yucatán con factor de réplica nacional para fomentar el uso de sistemas de calentamiento solar de agua (SCSA) dentro del sector servicios en México.

El objetivo de este proyecto es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante la implementación y consolidación de un mecanismo financiero de SCSA en hoteles, con la intención de sentar las bases para el desarrollo de un mecanismo financiero a nivel nacional.

El Mecanismo Financiero Piloto en la Península de Yucatán para sistemas de calentamiento solar de agua (2017-2018), fue un proyecto conjunto entre la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Banco Nacional de Comercio Exterior mediante el cual se brindó asesoría técnica y económica a hoteles ubicados en su mayoría en los Estados de Quintana Roo, Campeche y Yucatán.

Este proyecto parte de la necesidad de impulsar el aprovechamiento de la energía solar térmica en el sector hotelero, el cual tiene una gran necesidad de energía térmica, misma que actualmente es proporcionada por sistemas de calentamiento convencional.

Una de las principales fortalezas del proyecto fue ofrecer certeza técnica que se realiza a través de dos vertientes:

- 1) Mediante un registro de proveedores, los cuales cumplen una serie de requisitos que garantizan su experiencia, solidez, equipos y personal certificado.

- 2) A través de un acompañamiento técnico, que garantice que la instalación fue dimensionada e instalada adecuadamente, de acuerdo con una serie de criterios y requisitos previamente establecidos.

Resultado de este proyecto se tuvo contacto con 143 hoteles, realizando 105 levantamientos técnicos a través de los cuales se recopiló información sobre el consumo de agua caliente, ocupación, sistema de calentamiento actual y áreas disponibles, entre otras, información que permite realizar una propuesta de instalación de un sistema solar térmico a los interesados.

Se logró instalar 5 sistemas de calentamiento solar de agua, los cuales se ejecutaron a través de los proveedores registrados en el proyecto, instalando un total de 254 m<sup>2</sup> de área de captación solar térmica que generan un ahorro energético de 210 MWh/año.

Dentro de las actividades realizadas en esta etapa del proyecto fueron: la elaboración de levantamiento técnicos de información *in situ*, presentación de información a proveedores, revisión de propuestas, seguimiento a la instalación de sistemas, así como un monitoreo de los resultados.

En Julio de 2018, y derivado del término de esta primera etapa del proyecto se propuso ante el Fondo de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la energía una modificación y ampliación del proyecto a nivel nacional.

En el desarrollo de esta propuesta y lograr identificar las localidades en las que se podría a trabajar como parte de la réplica nacional, fue necesario realizar un análisis de factibilidad técnico-financiera, en la que se evaluaron 71 destinos turísticos que comprenden los principales centros de playa, grandes ciudades, ciudades del interior y fronterizas, incluyendo las siguientes variables: clima, número de hoteles por entidad, número de turistas noche y actividad hotelera por categoría. Como resultado se identificó que los estados de Jalisco, Guanajuato, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Estado de México presentaron un porcentaje cercano al 60% de actividad en hoteles tipo MiPyMEs (3 a 4 estrellas).

Así mismo se incorporaron al proyecto aquellas MiPyMEs del sector servicios que utilizan agua caliente para el desarrollo de sus funciones, entre las que se encuentran: Centros deportivos, Restaurantes y Lavanderías.

Como parte de las lecciones aprendidas en la primera etapa del Proyecto se encontró que dentro de los sistemas instalados existían áreas de oportunidad en materia de eficiencia

energética en los sistemas de calentamiento convencional, situaciones que terminaban afectando los ahorros y proyecciones establecidas.

Derivado de estas situaciones, en la ampliación del Proyecto se consideró una etapa de Evaluación de los sistemas de generación de calor con de combustible convencional, mediante una metodología que integra el actual funcionamiento, recomendaciones y seguimiento, que toma en cuenta:

- *La optimización de caldera existente.* Cuando se realicen modificaciones a una caldera existente, mediante la instalación de una o más nuevas tecnologías de mejora de la eficiencia en el equipo.
- *Instalación de calderas nuevas de alta eficiencia.* Cuando el proyecto implique la sustitución por una nueva caldera que se demuestre tiene una mayor eficiencia que la anterior.

Las actividades por desarrollar en la implementación del proyecto, en su ampliación y réplica nacional, se encuentran las siguientes:

1. *Levantamiento.* Unificar los criterios para realizar el levantamiento de las características y necesidades de calor en la instalación.
2. *Dimensionamiento.* Derivado de la unificación de criterios de levantamiento, se plantea estandarizar las características integradas en una propuesta de dimensionamiento, para que todos los actores incluyan los mismos conceptos.
3. *Evaluación.* Las evaluaciones de las propuestas podrán hacerse de una forma sistematizada, sin dejar a un lado las metodologías de cálculo propias de cada proveedor, y a las necesidades y características únicas de cada instalación.
4. *Seguimiento.* Antes, durante, y después de la instalación del sistema, se plantea un proceso de seguimiento para que los trabajos de instalación, entretenimiento y puesta en marcha sean las mejores prácticas.
5. *Verificación y Monitoreo.* Con la finalidad de ofrecer certeza técnica para corroborar que la instalación de un sistema fue y será lo acordado en las propuestas evaluadas, se propone una metodología de verificación y monitoreo a los sistemas.

Dentro de las actividades realizadas en este informe de experiencia profesional se abordan las primeras 3 en un Protocolo de revisión de sistemas de calentamiento de agua en el sector servicios, a través del cual se detalla cada uno de los pasos a seguir para realizar la evaluación del sistema en cuestión. Este Protocolo permitirá dar paso a lo que es el Manual de operación en el cual se incluyen las actividades restantes.

Uno de los principales retos en la implementación del proyecto fue la de entregar información sobre el programa a aquellas MiPyMEs potenciales a fin de llevar a cabo el levantamiento de datos y realizar la evaluación de los sistemas de calentamiento.

Debido a las restricciones establecidas por la pandemia del COVID 19, se implementó en el proyecto la posibilidad de realizar el levantamiento vía remota a través de un formato en Excel que puede ser requisitado por personal de mantenimiento de cada una de las MiPyMEs del sector servicios previamente mencionadas, en el cual se proporciona información básica sobre la ocupación, consumo de combustible y equipo de calentamiento instalado. Esta información permite realizar un análisis del consumo de agua caliente, considerando una serie de alertas o prácticas significativas que se relacionan con la eficiencia teórica de los equipos de calentamiento de agua actualmente instalados.

El propósito de abrir la posibilidad de entregar el levantamiento a distancia es darle continuidad al proyecto en tiempos de pandemia, además de reducir los gastos generados por el traslado de un técnico a las instalaciones de la MiPyMEs.

Para realizar esta evaluación fue necesario identificar los datos mínimos necesarios que permitan obtener una visión general de la instalación, y para evaluarlos se desarrolló el presente Protocolo, el cual nos permite obtener un panorama de la instalación en térmicos energéticos.

El Protocolo comprende: la recopilación de información, identificación del tipo de sistema, equipo y distribución de agua caliente, una lista de verificación en donde se consideran las principales prácticas que afectan la eficiencia, una evaluación que genera una estimación porcentual de la eficiencia y una serie de recomendaciones y buenas prácticas que permitirán mejorar la eficiencia del sistema.

Se sugiere que el personal de mantenimiento encargado de la operación de los equipos sea quien realice el levantamiento de datos, puesto que al operarla conoce los elementos y puntos críticos de la instalación.

Con la información proporcionada, en términos de la operación de la MiPyME, es posible obtener un perfil de consumo de agua caliente y una estimación del combustible utilizado en el sistema, que a su vez permitirá mostrar un análisis de consumo de agua, energía y costo.

Es mediante una lista de verificación donde se consideran las principales causas y malas prácticas que generan una disminución significativa de la eficiencia energética en los equipos y sistemas de calentamiento de agua. A través de esta lista se han asignado valores promedio de la disminución de la eficiencia, en términos porcentuales, lo que permitirá realizar una evaluación del equipo del calentamiento actual proporcionando un estimado de eficiencia real la cual será posible comparar con la eficiencia de diseño establecida en la etiqueta de eficiencia energética del equipo en cuestión.

Así mismo, se realiza una evaluación genérica de las pérdidas de energía en los sistemas de distribución y almacenamiento de agua caliente, evaluando la diferencia de temperaturas del agua caliente a la salida del equipo y en el punto más alejado de la instalación.

Una vez obtenida esta diferencia es posible conocer la energía que se está perdiendo en el sistema de distribución de agua caliente, y sumarla a las pérdidas del equipo de calentamiento, logrando así una estimación de las pérdidas totales en el sistema de calentamiento actual en la MiPyME.

Por otro lado, se generaron una serie de indicadores por tipo de MiPyME, que muestran de una forma sencilla el consumo de energía por tipo de servicio ofertado, logrando determinar en qué rango se encuentra la eficiencia actual del sistema.

Una vez estimada la energía pérdida en la instalación, es posible identificar las principales áreas de oportunidad en materia de eficiencia energética en la instalación, esta identificación se realiza en dos principales rubros. La primera en términos de operación,

mantenimiento y aislamiento; y en el segundo rubro en términos de inversión: baja o nula inversión, media inversión y alta inversión.

En la clasificación se consideraron el monto de inversión y el tiempo de retorno, de esta forma se instituyó una relación entre el tipo de medida, inversión y ahorros energéticos generados.

Las estimaciones permiten identificar aquellas medidas de eficiencia energética que más convengan a la instalación en términos técnico-económicos, abriendo un mayor panorama a los tomadores de decisión, pero sobre todo haciendo énfasis que existen medidas de baja inversión, como es el caso de las buenas prácticas operativas que permitirían generar ahorros económicos sustanciales sin invertir o con una inversión mínima.

Como una estrategia de atención a las MiPyMEs del sector servicios interesadas en realizar una evaluación técnica de su instalación de calentamiento de agua, se desarrolló una herramienta de fácil acceso a través de la cual se pretende generar una atención de primer contacto. La herramienta parte de cada uno de los puntos establecidos en el protocolo que contiene 3 secciones: la primera es la parte de recolección de datos, en donde el interesado podrá ingresar la información según corresponda; la segunda es un área de cálculos y operaciones que para evitar modificaciones se mantendrá oculta y una tercera sección en donde a través de una serie de gráficos y números se presentará al interesado los resultados de la evaluación realizada, acompañada de una serie de recomendaciones en materia de ahorro y uso eficiente de la energía.

Se pretende que el interesado al observar las áreas de oportunidad contacte a la CONUEE a fin de generar una atención personalizada y un acompañamiento técnico en la identificación e implementación de medidas de eficiencia energética en la instalación, para que una vez subsanadas estas deficiencias sea viable la incorporación de un sistema de calentamiento solar de agua.

Tanto la implementación de medidas de eficiencia energética en la instalación como el uso de la energía solar en el sistema permitirá generar grandes ahorros económicos por concepto de combustible no utilizado, además de reducir significativamente la emisión de gases de efecto invernadero.

En tiempos de recuperación económica Post-Covid 19, el ahorro de recursos económicos derivados de medidas operativas resulta un gran apoyo, sobre todo porque son justamente las MiPyMEs del sector servicio, como lo son: hoteles, restaurantes, centros deportivos y lavanderías, las que han tenido grandes afectaciones en la realización de sus labores.

## Metodología

Se propone una estrategia de trabajo conjunta entre el interesado y los operadores del proyecto, a fin de que se facilite el acceso a las instalaciones e información relacionada con el consumo de agua en la MiPyME, misma que será utilizada únicamente para realizar esta evaluación y será tratada confidencialmente.

En la etapa del levantamiento de datos se proporcionan los formatos que permitirán realizar la captura de información y procesamiento automático de acuerdo con el tipo de instalación.

El campo de aplicación de la revisión técnica al sistema de calentamiento de agua está enfocado a las Micro Pequeñas y Medianas Empresas del Sector Servicios en México que utilizan agua caliente sanitaria en el desarrollo de sus funciones, entre las que se encuentran: establecimientos de alojamiento, centros deportivos, gimnasios, restaurantes y lavanderías.

Respecto a los alcances generales de la revisión técnica, se contemplan los siguientes puntos:

a) Recopilación y registro de datos

Análisis de consumo de energía, agua caliente y servicios ofertados en la instalación, determinando el comportamiento energético de la MiPyME con base en su demanda.

b) Estimación de la eficiencia térmica del sistema de calentamiento actual

Cálculo estimado de la eficiencia con base en la revisión física y condiciones de operación de los equipos y componentes del sistema, entre los que se encuentran: equipo de calentamiento, red de distribución de agua caliente y puntos de consumo.

c) Procesamiento y análisis de la información (producción de indicadores)

Estimar los índices energéticos actuales, identificando áreas de oportunidad para la implementación de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía.

d) Presentación de medidas y acciones de ahorro (Informe)

A través de un informe se hace entrega al interesado de los resultados de la revisión técnica, incluyendo una serie de medidas y acciones de ahorro potenciales en la instalación.

e) Asistencia técnica

Acompañamiento técnico en la interpretación e implementación de las medidas recomendadas, presentación y revisión de las propuestas presentadas por los proveedores inscritos al Proyecto.

## Capítulo 1. Levantamiento de información

En el proceso de la evaluación energética, el levantamiento de datos es la etapa de mayor importancia para el buen desarrollo del estudio, debido a que las subsecuentes etapas están fundamentadas en ella.

Esta etapa será realizada por el usuario; por lo tanto, este paso se explicará con mayor detalle. Además, como ya se refirió, el usuario podrá contar en todo momento con la asistencia técnica de la CONUEE.

Este levantamiento de datos inicial es general y con éste se pretende conocer los perfiles actuales de consumo, la instalación de agua caliente sanitaria, identificar potenciales de ahorro y uso eficiente de la energía en la instalación, así como el aprovechamiento de la energía solar térmica.

Esta revisión, en primera instancia, correrá por parte del interesado, se sugiere que el personal que realice el levantamiento de datos sea el responsable en la operación y mantenimiento de la instalación de agua caliente sanitaria, mismo que deberá contar con una serie de recursos los cuales se enlistan a continuación:

- Acceso a la instalación de agua caliente, así como a las áreas del inmueble relacionadas con la instalación (cuarto de máquinas, azoteas, puntos de consumo, etc.)
- Acceso a la información propia del establecimiento, como son: facturas de combustible, agua, porcentajes de ocupación y en caso de utilizar equipos de calentamiento eléctrico facturas eléctricas.
- Conocimiento básico sobre equipos e instalaciones de agua caliente sanitaria, identificando los equipos principales y los elementos de medición.

Al tratarse de una revisión conjunta, el primer apartado del formato de levantamiento refiere a los datos generales de la MiPyME, así como los datos de contacto del personal que se encargará del seguimiento del análisis y las oportunidades identificadas.

Es necesario destacar que no se puede realizar esta revisión energética y la respectiva evaluación del sistema de calentamiento de agua, sin la obtención o recopilación de los datos necesarios. Esta información es exclusiva para la evaluación y será tratada de forma confidencial.

En este sentido, el proceso de levantamiento de información se realiza mediante tres pasos: **(1) Datos generales de consumo**, se recabará la información del consumo de energía, con datos como: porcentaje de ocupación, consumo de combustible y consumo de agua; **(2) Sistema de calentamiento actual**, se obtendrá información sobre los equipos que generan el agua caliente, eficiencia, ubicación y red de distribución; y **(3) Revisión física de la instalación**, se realiza un recorrido por la instalación de agua caliente, revisando de manera visual el estado de sus elementos.

### **1.1. Datos generales de la instalación**

Corresponde a la recopilando datos de los aspectos generales de la MiPyME, tales como el tipo de servicio o giro, ubicación, región y datos de contacto, entre otros.

### **1.2. Consumos de energía y agua**

Se recopilan y registran los datos de consumo para períodos mensuales, a partir de los recibos y/o comprobantes del consumo, tanto del energético utilizado para el calentamiento de agua: (1) gas LP, (2) gas natural o, en su caso, (3) energía eléctrica, como del consumo de agua total en la instalación, de al menos doce meses<sup>1</sup> y, en caso de contar con sistemas de medición, se podrá solicitar esta información adicionalmente para corroborar volúmenes.

- **Consumo de agua a calentar.** Es el volumen de agua que utiliza la instalación expresada en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) o litros al mes y al año. En caso de no contar con equipo de medición, utilizar la metodología correspondiente para el cálculo de acuerdo con el tipo de MiPyME que corresponda, de acuerdo con el número de servicios, usuarios y porcentaje de ocupación (Línea base de consumo de agua caliente).

---

<sup>1</sup> Debido a la contingencia mundial, se sugiere que la información proporcionada corresponda al año próximo anterior a la pandemia, es decir año 2019.

- **Consumo de gas licuado de petróleo (gas LP).** Cantidad de gas LP utilizado para el calentamiento de agua en la instalación, registrado en kilogramos para el caso de cilindros al por mes y año. En el caso de tanques estacionarios, en litros por mes y año.
- **Consumo de gas natural.** Volumen de gas natural utilizado para el calentamiento de agua en la instalación y dado en m<sup>3</sup>, mes y año.
- **Consumo de electricidad.** Cantidad de electricidad utilizada para calentar el agua, expresada en kilowatt hora al mes y año.

### 1.3. Parámetros y condiciones de operación asociados al consumo de agua caliente

De acuerdo con el tipo de servicio que presta la MiPyME, será necesario recopilar información básica de la operación según el tipo de instalación, la cual se registrará a través de un formato en Excel contenidos en el Anexo A de este documento, el cual se puede seleccionar según corresponda en la Tabla 1.

*Tabla 1. Formatos para la recopilación de datos por tipo de MiPyME*

<b>Instalación</b>	<b>Hotel</b>	<b>Centro deportivo o gimnasio</b>	<b>Restaurante</b>	<b>Lavandería y tintorería</b>
Formato	Anexo A1	Anexo A2	Anexo A3	Anexo A4

#### 1.3.1. Hotel

Para instalaciones hoteleras (véase Anexo A1), se requiere la información de la capacidad instalada, condiciones de operación y prácticas en el consumo de agua caliente, mismas que a continuación, se detallan:

- **Número de habitaciones.** Cantidad de habitaciones en el hotel.
- **Porcentaje de ocupación.** Se establece a partir de los datos semanales o mensuales de la ocupación que registra el establecimiento.
- **Número de servicios<sup>2</sup>.** Cantidad de servicios que ofrece el establecimiento.

<sup>2</sup> Servicio. Se considera que un servicio es el caudal de una regadera, y medio servicio el caudal de un lavabo. También se considera un servicio estándar el equivalente de 4 a 10 litros por minuto (una tina o lavadora equivale a 3 servicios).

- **Temperatura del agua caliente en el punto de consumo.** *Temperatura del agua en el punto de servicios para su uso final (tina, lavabos y regaderas).*

### 1.3.2. Centro deportivo o gimnasio

En un centro deportivo o gimnasio (véase Anexo A2) , la información necesaria para determinar el suministro de agua caliente será a partir del número de usuarios, el número de regaderas, el patrón de uso y los horarios punta que presente la instalación, así como el consumo promedio de agua caliente por día. Por ello, hemos descrito cada de uno de los conceptos necesarios.

- **Días de operación.** *Días al año que el centro deportivo o gimnasio se encuentra en servicio.*
- **Horario de operación.** *Periodo que el centro deportivo o gimnasio brinda servicio a sus comensales.*
- **Número de servicios.** *Cantidad de servicios con los que cuenta el establecimiento.*
- **Temperatura de uso de agua caliente en el punto de consumo.** *Temperatura del agua en el punto de servicio, dado en grados centígrados (°C).*
- **Aforo del centro deportivo o gimnasio.** *Capacidad máxima de personas que se pueden albergar en el centro deportivo o gimnasio.*
- **Perfil diario de uso.** *Número de usuarios que utilizan las instalaciones del centro deportivo durante el día para un período de un año.*

### 1.3.3. Restaurante

Con referencia al suministro de agua caliente de un restaurante (véase Anexo A3), se necesita conocer el número de comensales promedio, el número de equipos de lavado, números de ciclos y tarjas utilizadas, entre otros datos importantes. A continuación, se especifica la información que debe ser recolectada:

- **Días de operación.** *Días al año que el restaurante se encuentra en servicio.*
- **Aforo del restaurante.** *Máxima capacidad de personas que se pueden albergar en el restaurante.*
- **Porcentaje de ocupación.** *Se integra con los datos semanales o mensuales de la ocupación que se registra en el establecimiento.*

- **Equipos lavavajillas.** Número de equipos de lavavajillas que utiliza agua caliente. Cantidad de equipos para lavar las vajillas.
- **Marca y modelo de los equipos de lavavajillas.** Indique la marca y modelo del equipo lavavajilla expresado en su etiqueta o placa de fabricación.
- **Ciclos de lavado por día.** Tiempo que tarda la lavavajilla para completar su ciclo de lavado.
- **Temperatura de uso de agua caliente en el punto de consumo.** Temperatura del agua en el punto de servicios para su uso (tina, lavabos y regaderas).
- **Número de tarjas.** Cantidad de piezas que sirven para las tareas de limpieza de los utensilios de cocina y de alimentos, e incluso parte de la preparación de éstos.
- **Número de lavabos.** Cantidad de lavabos que son utilizados con uso de agua caliente en el restaurante.

#### 1.3.4. Lavandería

Para lavanderías (véase Anexo A4), se requiere precisar el número de equipos en servicio, el promedio de la carga de ropa y el promedio de los ciclos de lavado al día, así como el consumo promedio de agua caliente por día. Se muestra de manera general la información que debe ser recolectada:

- **Días de operación.** Días al año que la lavandería se encuentra en servicio.
- **Perfil anual de carga diaria.** Se establece con los datos semanales o mensuales de la carga que se registra en el establecimiento y es expresado en kilogramos.
- **Número de equipos de lavado.** Cantidad de equipos para el lavado en funcionamiento que utilizan agua caliente.
- **Número de equipos que se utilizan de manera simultánea.** Cantidad de equipos de lavado en funcionamiento que son utilizados al mismo tiempo.
- **Temperatura de uso de agua caliente en el punto de consumo.** Temperatura del agua en el punto de servicios para su uso.
- **Ciclos de lavado.** Número total de ciclos de lavado por día.
- **Número de servicios.** Cantidad de servicios con los que cuenta el establecimiento.

- *Temperatura de uso. Temperatura del agua caliente del servicio, en grados centígrados (°C).*

#### **1.4. Condiciones actuales de los equipos y componentes del sistema de calentamiento de agua**

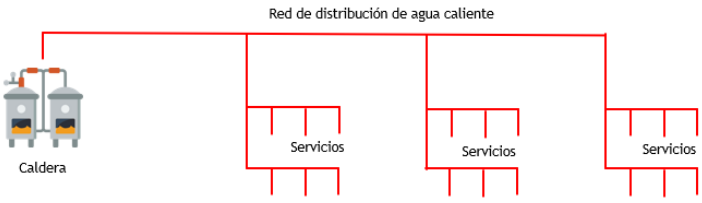
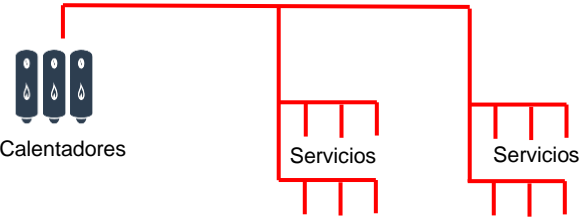
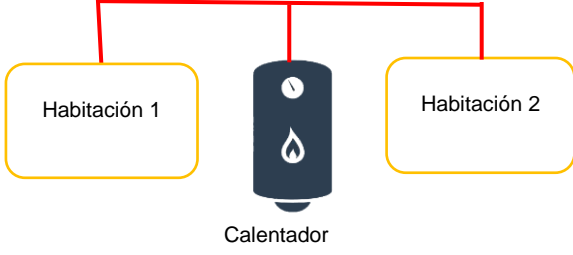
En este apartado, es necesario conocer las principales características y elementos del sistema de calentamiento de agua que se utilizan por la MiPyME del sector servicios. Se deberá clasificar y seleccionar con base a las siguientes consideraciones:

##### *1.4.1. Características del sistema de calentamiento de agua*

#### **a. Tipo de sistema de calentamiento de agua (Tabla 2):**

- i. Central.** Integrado por una caldera o un calentador comercial de agua, que opera mediante el suministro de energía primaria a gas LP, gas natural o electricidad, y que suministra agua caliente a un termotanque, que abastece de agua caliente a los múltiples servicios.
- ii. Mixto.** Combinación de calentadores comerciales conectados hidráulicamente en serie o en paralelo para suministrar agua a todos los servicios. Puede contar con un termotanque, dependiendo de la tecnología del calentador utilizado. El calentador de agua puede operar con gas LP, gas natural o electricidad.
- iii. Individual.** Este sistema de calentamiento de agua se realiza a través de calentadores de agua domésticos o comerciales, que, de acuerdo con su capacidad, pueden abastecer de 1 a 4 servicios. Estos calentadores de agua pueden operar con gas LP, gas natural o electricidad y ser de tecnología de depósito, de paso o de rápida recuperación.

Tabla 2. Tipo de sistemas de calentamiento de agua

Tipo de sistema	Descripción y diagrama del sistema
Sistema de calentamiento de agua tipo central.	 <p>Red de distribución de agua caliente</p> <p>Caldera</p> <p>Servicios</p> <p>Servicios</p> <p>Servicios</p>
Sistema de calentamiento de agua tipo mixto.	 <p>Calentadores</p> <p>Servicios</p> <p>Servicios</p>
Sistema de calentamiento de agua tipo individual.	 <p>Habitación 1</p> <p>Calentador</p> <p>Habitación 2</p>

## b. Particularidades del agua de alimentación

- i. **Dureza.** Concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en caso de contar con sistema de filtrado indicar las ppm disueltas, o de lo contrario indicar si se trata de agua dura, medianamente dura o blanda.<sup>3</sup>
- ii. **Presión de la red hidráulica.** Presión en la red de distribución de agua, la cual se puede medir en cualquier punto de acceso.
- iii. **Tratamiento de agua.** Se deberá indicar el tipo de tratamiento al que es sometida el agua, previa a su entrada en el calentador/caldera.

<sup>3</sup> De acuerdo con la OMS se define como agua blanda la presencia de concentraciones inferiores a 60 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, medianamente dura entre 61 y 120 mg/L y dura entre 121 y 180 mg/L.

- c. **Regulación del suministro de combustible.** Relacionado con la operación del equipo de calentamiento, identificando si existe alguna regulación del consumo de combustible de acuerdo con la demanda de agua caliente.

#### 1.4.2. Elementos del sistema de calentamiento de agua

- *Calentadores de agua*

Para sistemas individuales de calentamiento de agua. Se requiere recopilar y registrar los siguientes datos para cada uno de los calentadores de agua:

1. **Tipo.** Indique el tipo de calentador instalado: (1) de almacenamiento, (2) rápida recuperación (3) instantáneo, y en su caso (4) eléctrico.
2. **Marca y modelo.** Indique la marca y modelo del calentador de agua, expresados en las etiquetas o placas de los equipos.
  - a. **Capacidad térmica.** Capacidad del calentador de agua de acuerdo con su etiqueta o placa.
  - b. **Eficiencia térmica.** Eficiencia térmica del calentador de agua de acuerdo con su etiqueta o placa.
3. **Temperatura de operación.** Temperatura de operación, expresada en grados centígrados (°C).
4. **Instrumentos de medición.** Verificar si los equipos disponen de medidores externos de temperatura, presión y flujo másico de agua y de combustible o energía.
5. **Servicios a los que abastece.** Si se conoce, se deberá indicar el número de servicios a los que abastece cada uno de los calentadores.
6. **Antigüedad.** Años de operación de cada uno de los calentadores.
7. **Estado físico del equipo:** Considerando los siguientes elementos:
  - a. **Limpieza a superficies y quemadores.** Indicar si se realiza la limpieza a las superficies y quemadores, y con qué frecuencia.
  - b. **Aislamiento térmico.** Identificar la presencia de aislamiento en el equipo. En caso de que se encuentre expuesto o deteriorado, indíquelo.

- c. **Incrustaciones en tuberías de agua del calentador.** Indicar presencia de sarro u óxidos en las tuberías de agua de entrada y salida del calentador.
- d. **Conexiones.** Indique las principales conexiones de entrada de agua fría, agua caliente y recirculación en su caso. De ser posible realizar un diagrama en el que se muestren estos elementos.
- e. **Controles.** Especifique el número y tipo de controles con los que cuenta el equipo de calentamiento.

#### 8. **Mantenimiento:**

- a. **Fechas de mantenimientos.** Fecha del último mantenimiento y la frecuencia con la que se realiza.
- b. **Tipo.** Si se trata de mantenimientos preventivo y/o correctivo.
- c. **Costo.** Especificar el costo promedio del mantenimiento y su periodicidad.
- d. **Limpieza a superficies y de quemadores.** Indique si se realiza la limpieza a las superficies y quemadores, y con qué frecuencia.

- *Calderas*

Para sistemas centralizados de calentamiento de agua. Se requiere recopilar y registrar los siguientes datos para cada una de las calderas:

1. **Tipo de caldera.** (1) Atmosférica, (2) Estanca, (3) Acumulación, (4) Condensación.
2. **Marca y modelo.** Indique la marca y modelo del calentador de agua, expresados en las etiquetas o placas de los equipos.
  - a. **Capacidad térmica.** Capacidad del calentador de agua de acuerdo con su etiqueta o placa.
  - b. **Eficiencia térmica.** Eficiencia del calentador de agua de acuerdo con su etiqueta o placa.
3. **Temperatura de arranque/paro.** Especifique las temperaturas indicadas en el controlador para el arranque y paro del sistema de forma automática.
4. **Temperatura de operación.** Temperatura de operación, expresada en grados centígrados.

5. **Instrumentos de medición.** Verificar si los equipos disponen de medidores externos de temperatura, presión y flujo másico de agua y de combustible o energía. De ser el caso enlistarlos.

6. **Tipo de sistema de purga en el equipo.** Indique si el tipo de purga es manual o automático.

7. **Antigüedad.** Establezca los años de operación de cada una de las calderas.

8. **Estado físico del equipo:** Considerando los siguientes elementos:

a. **Limpieza a superficies y quemadores.** Indique si se realiza la limpieza a superficies y quemadores, y con qué frecuencia.

b. **Aislamiento térmico.** Identifique la presencia de aislamiento en el equipo. En caso de que este se encuentre expuesto o deteriorado indíquelo.

c. **Incrustaciones en tuberías de agua del calentador.** Indique la presencia de sarro u óxidos en las tuberías de agua de entrada y salida del calentador.

d. **Conexiones.** Indique las principales conexiones de entrada de agua fría, agua caliente y recirculación en su caso. De ser posible realizar un diagrama en el que se puedan apreciar estos elementos.

e. **Controles.** Especifique el tipo y número de controles con los que cuenta el equipo de calentamiento.

9. **Mantenimiento:**

a. **Fechas de mantenimientos.** Fecha del último mantenimiento y la frecuencia con la que se realiza.

b. **Tipo.** Tipos de mantenimientos realizados (preventivo o correctivo).

c. **Costo.** Especifique el costo promedio del mantenimiento y su periodicidad.

d. **Limpieza de superficies y quemadores.** Indique si se realiza la limpieza a superficies y quemadores, y con qué frecuencia.

10. **Servicios a los que abastece.** Si se conoce, indique el número de servicios a los que abastece cada una de las calderas.

- *Tanques de almacenamiento de agua caliente*

Para cada uno de los tanques de almacenamiento de agua caliente, recopilar y registrar los siguientes datos:

1. **Capacidad.** Volumen de agua caliente que puede albergar el tanque, expresada en litros o galones.
2. **Tipo.** Indique si es un tanque de almacenamiento vertical u horizontal.
3. **Aislamiento térmico:**
  - a. **Tipo.** Indique el material de aislamiento que cubre al tanque.
  - b. **Espesor.** Indique el espesor del aislamiento, en caso de conocerlo.
  - c. **Estado.** Especifique si el aislamiento se encuentra expuesto, roto, húmedo, o en condiciones desfavorables.
  - d. **Instrumentos de medición.** Verificar si los tanques disponen de medidores externos de temperatura y de presión. De ser el caso registrar los parámetros.

- *Red de distribución*

Para la red de distribución de agua caliente, recopilar y registrar los siguientes datos:

1. **Longitud de la tubería de la red de agua caliente.** Para cada conjunto de tuberías con el mismo diámetro, identificando las distancias entre los puntos de calentamiento, de almacenamiento y de uso final.
2. **Características de la tubería.** Indique el material de la tubería y su diámetro.
3. **Aislamiento de la tubería de abastecimiento de agua caliente.** Para cada conjunto de tuberías con el mismo diámetro:
  - a. **Tipo.** Indique el material de aislamiento que cubre al tanque.
  - b. **Espesor.** Indique el espesor del aislamiento, en caso de conocerlo.
  - c. **Estado.** Especifique si el aislamiento se encuentra expuesto, roto, húmedo, o en condiciones desfavorables. En caso de encontrar puntos con problemas, indicar el problema y su localización.
4. **Válvulas:**
  - a. **Tipo.** Indique la existencia de válvulas de seguridad, liberadoras de aire y presión en la instalación.
  - b. **Aislamiento térmico.** Especifique la existencia de aislamiento en las válvulas previamente identificadas.

- c. **Estado.** Indique el estado de las válvulas y su aislamiento en caso de existir. Si se encuentran puntos con problemas, favor de anotarlos junto con su localización.

- 5. Fugas de agua en la instalación.** Revisar y ubicar posibles fugas en el recorrido hidráulico, señalando su ubicación y volumen de agua perdida por hora.
- 6. Sistema de recirculación.** Indique si el sistema de calentamiento cuenta con un sistema de recirculación de agua caliente.

- *Dispositivos de uso final*

- 1. Residuos en equipos de consumo.** Indicar, de ser el caso, si en los dispositivos de consumo, tales como regaderas y lavamanos existen residuos sólidos, sarro, sales u otros.
- 2. Fugas de agua.** Revisar y ubicar posibles fugas en los dispositivos (lavabos, regaderas, etc.) de uso final.

- *Mantenimiento del sistema*

**Bitácora de mantenimiento.** Indique si se cuenta con una bitácora de mantenimiento a través de la cual se registran los datos correspondientes al mismo, así como las acciones y gastos anuales por mantenimientos programados y/o reparaciones de cualquiera de los elementos del sistema.

- *Memoria fotográfica*

Como una buena práctica, durante la visita técnica y la revisión energética, se solicita tomar fotografías de los equipos, recorridos de tuberías y de los servicios finales, para que posterior se verifique la información recabada contra lo mostrado en la serie fotográfica.

Se requiere contar con un registro fotográfico de las secciones indicadas en el presente protocolo, incluyendo fachada principal, sistemas de calentamiento de agua actuales, equipos individuales, considerando información de placa o etiqueta de eficiencia energética (amarilla en calentadores de agua), del sistema hidráulico, termotanque, tuberías, accesorios dañados

o que no cuentan con aislamiento, además de las áreas disponibles para los sistemas de calentamiento solar de agua.

Para mayor referencia, se presenta una relación para recopilar la memoria fotográfica correspondiente (véase Anexo B).

## Capítulo 2. Procesamiento y análisis de la información

En este punto se analizará la información recopilada previamente a través de los formatos de levantamiento, generando una serie de indicadores que permitirán realizar una evaluación genérica de la eficiencia del sistema de calentamiento actual, considerando además puntos críticos en la instalación, como lo son, el estado físico del equipo, la red de distribución de agua caliente, y la operación y mantenimiento del sistema y el tipo de combustible o energía suministrada para la producción del agua caliente.

A través de esta evaluación será posible estimar las pérdidas energéticas de los distintos componentes del sistema y la eficiencia de los equipos de calentamiento, para posteriormente emitir una serie de recomendaciones que permitan obtener un ahorro de energía por mejoras en la operación y el mantenimiento del sistema de calentamiento de agua.

Con base en los datos recopilados, se lleva a cabo un análisis en dos niveles: (1) por indicadores de consumo energético y (2) por estado y operación de los equipos e instalación.

### 2.1. Análisis por indicadores

El primer paso es analizar el consumo de energía en el sistema de agua caliente, mediante la revisión de los recibos y/o comprobantes del consumo del combustible, de al menos 12 meses, para establecer una línea de consumo base, que nos proporcione datos claves, tales como: volumen, costos y periodicidad de consumos.

A partir de los datos generales y de las series de tiempo del consumo de energía de la instalación, se generan *indicadores de consumo energético*, los cuáles miden la cantidad de energía necesaria para realizar una actividad, o bien para obtener un nivel de servicio requerido, suelen expresarse en unidades físicas o monetarias (CONUEE, 2017). En este proceso los indicadores permiten identificar áreas de oportunidad y a través de los cuales podrán reflejarse mejoras de operación y mantenimiento y/o medidas que requieran inversiones.

El perfil de consumo de agua caliente muestra el comportamiento de la demanda de energía en dos períodos: mensual y anual. En el caso mensual se trata de un cálculo simple a

partir de los valores diarios de consumo de energía, y en período anual es una serie de tiempo que se grafica mensualmente tomando como base la ocupación mensual que registra la MiPyME.

### 2.1.1. Línea base de consumo (Agua caliente y energía)

Por medio de los **registros y facturación mensual**, es posible establecer una línea base del **total del consumo energético**<sup>4</sup> para el uso de agua caliente, que permite identificar los meses de mayor consumo, mismos que en teoría deberán ser coincidentes con los meses de mayor ocupación y número de servicios ofertados.

**Para el caso del consumo de agua caliente**, se obtiene de la información contenida en el formato correspondiente, ya sea mediante los registros de agua caliente con los que cuenta la instalación MiPyME, o en su caso **mediante el cálculo con base en el número de usuarios/servicios** ofrecidos, considerando la dotación mínima de agua potable según el tipo de MiPyME y el porcentaje de ocupación (Tabla 3), obteniendo información sobre los consumos de agua caliente mensual y su comportamiento mes a mes a lo largo del año.

El porcentaje de agua caliente utilizada con relación al consumo mínimo de agua caliente por huésped/usuario (PAC) deberá considerarse de acuerdo con la siguiente relación.

$$PAC = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{40 - T_1}{T_2 - 40}\right)} * 100$$

Donde:

$T_1$ : *Temperatura de agua fría de la red*

$T_2$ : *Temp. de agua a la salida de caldera/calentador según su uso (Tabla 3)*

---

<sup>4</sup> Siempre y cuando el consumo energético corresponda únicamente al calentamiento de agua.

Tabla 3. Temperatura de consumo de agua caliente

<b>Uso</b>	<b>Temperatura a la salida de caldera (°C)</b>
<i>Lavamanos</i>	60
<i>Ducha</i>	60
<i>Lavandería con equipos industriales</i>	85
<i>Lavandería con equipos domésticos</i>	80

Fuente: (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2015)

En el caso de hoteles, restaurantes y centros deportivos, la demanda de agua caliente depende directamente del número de usuarios en el establecimiento, por lo que el consumo de agua dependerá del número máximo de usuarios y el porcentaje de ocupación mensual. El cálculo de la demanda de agua caliente mensual se realizará a través de la siguiente fórmula:

$$V_{mensual} = U_{max} * Oc * DA * PAC * n$$

En donde:

$V$  = Volumen de agua caliente (l/mes).

$U_{max}$  = Cantidad máxima de usuarios en el establecimiento.

$Oc$  = Porcentaje de ocupación mensual. (dato proporcionado por la PyME).

$DA$  = Dotación mínima de agua potable (Tabla 4).

$PAC$  = Porcentaje de agua caliente utilizada con relación a la dotación mínima.

$n$  = número de días de operación correspondiente al mes evaluado.

Tabla 4. Lista de dotación mínima de agua potable y unidad de consumo por establecimiento

<b>Aplicación</b>	<b>Dotación mínima de agua (DA)</b>
<b>Hotel</b>	<b>(l/día huésped)</b>
<i>Hotel GT</i>	300
<i>Hotel 5 estrellas</i>	300
<i>Hotel 4 estrellas</i>	280
<i>Hotel 3 estrellas</i>	260
<i>Hotel 2 estrellas</i>	230
<i>Hotel 1 estrella</i>	200
<i>Hostal</i>	150
<i>Campamento</i>	150
<i>Restaurante</i>	(l/comensal/día)
<i>Alimentos y bebidas</i>	12
<b>Lavandería</b>	<b>(l/kg ropa seca)</b>
<i>Lavandería</i>	40
<b>Centros deportivos</b>	<b>(l/asistente/día)</b>
<i>Prácticas deportivas (regaderas y vestidores)</i>	150

Fuente: (Secretaría de Medio Ambiente, 2018)

Una vez identificado el consumo de agua caliente mensual, es posible determinar el consumo de agua caliente anual en la instalación a partir de la siguiente expresión:

$$V_{\text{anual}} = \sum_{i=1}^{i=12} V_{\text{mensual}, |i|}$$

Donde  $i$  corresponde al mes, en donde enero es el mes 1 y diciembre el mes 12.

Una vez establecido el perfil de consumo de agua caliente, es posible conocer la demanda de energía mensual de la MiPyME, la cual se verá modificada posteriormente de acuerdo con la eficiencia térmica del equipo de calentamiento utilizado y las pérdidas térmicas localizadas en la instalación.

El cálculo de energía mensual se realizará de acuerdo con la siguiente formula:

$$CEM = V_{mensual} * \rho * Cp * (T_2 - T_1)/1000$$

Donde:

$CEM$  = Consumo de energía mensual correspondiente al mes evaluado

$V_{mensual}$  = Volumen de agua caliente correspondiente al mes evaluado [l]

$\rho$  = Densidad del agua. Se considera  $1 \left[ \frac{kg}{l} \right]$

$Cp$  = Calor especifico del agua. Se considera  $4.186 \left[ \frac{kJ}{kg K} \right]$

$T_2$  = Temperatura de agua caliente requerida en la PyME [°C] (tabla 3)

$T_1$  = Temperatura de agua fría, [°C] contenida por estados en el Anexo B

Nota: En caso de que la MiPyME lleve un registro del consumo promedio de agua caliente, se obtendrá el valor promedio mensual, y será el valor de  $V_{mensual}$ .

Para determinar la demanda de energía anual se calcula con base en la siguiente expresión:

$$CEA = \sum_{i=1}^{i=12} CEM, |kJ|$$

Donde:

$CEA$  = Cálculo de energía anual

En teoría el **consumo de energía** y el **consumo de agua caliente** presentaran un comportamiento similar, y en caso de tener comportamientos diferentes será posible identificar algunas otras aplicaciones de la energía en la MiPyME, tales como el uso del combustible para proceso de secado, cocina, etc.

### 2.1.2. Generación de indicadores

Una vez establecida la línea base de consumo en el establecimiento, es posible obtener una serie de indicadores los cuales permitirán dar una idea más clara del consumo de calor y sus repercusiones económicas (Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Indicadores por tipo de establecimiento

<b>MiPyME</b>	<b>Indicador</b>	<b>Cálculo</b>	<b>Unidades</b>
<b>Hoteles</b>	<i>H1. Energía térmica por habitación (anual).</i>	$\frac{CEA}{\#hab * 3.6}$	<i>kWhT/hab</i>
	<i>H2. Costo energía térmica por habitación (anual).</i>	$\frac{CCA * \$C}{\#hab}$	<i>\$/habitación</i>
	<i>H3. Energía térmica por habitación noche promedio</i>	$\frac{H1}{365 * Oc}$	<i>kWhT/hab</i>
	<i>H4. Costos energía térmica por habitación noche promedio.</i>	$\frac{H2}{365 * Oc}$	<i>\$/habitación</i>
<b>Centro deportivo</b>	<i>CD1. Energía térmica por usuario (anual)</i>	$\frac{CEA}{Umax * 3.6}$	<i>kWhT/usuario</i>
	<i>CD2. Costo de energía térmica por usuario (anual)</i>	$\frac{CCA * \$C}{Umax}$	<i>\$/usuario</i>
	<i>CD3. Energía térmica por usuario (día)</i>	$\frac{CD1}{365 * Oc}$	<i>kWhT/usuario</i>
	<i>CD4. Costo de energía térmica por usuario (día)</i>	$\frac{CD2}{365 * Oc}$	<i>\$/usuario</i>
<b>Restaurante</b>	<i>R1. Energía térmica por comensal</i>	$\frac{CEA}{Umax * Oc * 3.6 * n_{op}}$	<i>kWhT/comensal</i>
	<i>R2. Costo de energía térmica por comensal</i>	$\frac{CCA * \$C}{Umax * OC * n_{op}}$	<i>\$/comensal</i>
<b>Lavanderías</b>	<i>L1. Energía térmica por kg</i>	$\frac{CEA}{C_{prom} * n_{op} * 3.6}$	<i>kWhT/kg</i>
	<i>L2. Costo de energía por kg</i>	$\frac{CCA * \$C}{C_{prom} * n_{op}}$	<i>\$/kg</i>

Tabla 6. Indicadores por tipo de Variable

<b>Variable</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Cálculo / fuente</b>	<b>Unidad</b>
<b>Consumo de energía mensual</b>	CEM	$V_{mensual} * \rho * Cp * (T_2 - T_1)$	<i>kJ</i>
<b>Consumo de energía anual</b>	CEA	$CEA = \sum_{i=1}^{i=12} CEM$	<i>MJ</i>
<b>Consumo de combustible anual</b>	CCA	$\frac{CEA}{PC * \eta_{SC}}$	<i>(l/kg/kWh/m<sup>3</sup>)</i> <i>m<sup>3</sup></i>
<b>Consumo de combustible mensual</b>	CCM	$\frac{CEM}{PC * \eta_{SC}}$	<i>(l/kg/kWh/m<sup>3</sup>)</i> <i>m<sup>3</sup></i>
<b>Eficiencia sistema actual</b>	$\eta_{SC}$	Valor estimado <i>check list</i> eficiencia	<i>%</i>
<b>Poder calorífico del combustible</b>	PC	Tabla poder calorífico del combustible (Anexo F)	<i>MJ/m<sup>3</sup>/unidad</i>
<b>Costo por unidad de combustible</b>	\$C	Tabla costo de combustible por unidad	<i>\$/unidad</i>
<b>Carga promedio</b>	C <sub>prom</sub>	Formato de levantamiento	<i>kg/día</i>
<b>Días de operación al año</b>	n <sub>op</sub>	Formato de levantamiento	<i>días</i>

### 2.1.3. Comparación de indicadores

Con base en el valor obtenido en el indicador “Energía térmica por habitación/usuario/comensal/kg” se puede realizar una comparación con los valores contenidos en la Tabla 7, identificando el rango en el que se encuentra, esto permitirá estimar la eficiencia energética actual de la instalación de agua caliente en la MiPyME.

Los valores de la tabla de referencia (Tabla 7) son calculados con base a la demanda de agua caliente y temperatura requerida por tipo de establecimiento y servicio, considerando tres niveles de eficiencia, eficiencia baja (menor al 76%), eficiencia media (entre el 76% y el

85%) y alta eficiencia (superior al 85%), los valores tomados para dichas evaluaciones pueden consultarse en el Anexo D.

Tabla 7. Eficiencia energética en la instalación con base en indicadores

<i>MiPyME</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Indicador</i>	<i>Eficiencia térmica en la instalación</i>		
			<i>Alta</i> <i>(EE&gt;85%)</i>	<i>Media</i> <i>(85% ≥ EE ≥ 76%)</i>	<i>Baja</i> <i>(EE&lt;76%)</i>
<i>Hotel</i>	<i>Hotel GT</i>	<i>H3. Energía térmica por habitación noche promedio (kWh)</i>	<i>H3 &lt;18</i>	<i>18 ≤ H3 ≤ 20</i>	<i>H3 &gt;20</i>
	<i>Hotel 5 estrellas</i>		<i>H3 &lt;18</i>	<i>18 ≤ H3 ≤ 20</i>	<i>H3 &gt;20</i>
	<i>Hotel 4 estrellas</i>		<i>H3 &lt;17</i>	<i>17 ≤ H3 ≤ 19</i>	<i>H3 &gt; 19</i>
	<i>Hotel 3 estrellas</i>		<i>H3 &lt;16</i>	<i>16 ≤ H3 ≤ 18</i>	<i>H3 &gt;18</i>
	<i>Hotel 2 estrellas</i>		<i>H3 &lt;14</i>	<i>14 ≤ H3 ≤ 15</i>	<i>H3 &gt;15</i>
	<i>Hotel 1 estrella</i>		<i>H3 &lt;12</i>	<i>12 ≤ H3 ≤ 13</i>	<i>H3 &lt;13</i>
	<i>Hostal</i>		<i>H3 &lt;9</i>	<i>9 ≤ H3 ≤ 10</i>	<i>H3 &gt;10</i>
	<i>Campamento</i>		<i>H3 &lt;9</i>	<i>9 ≤ H3 ≤ 10</i>	<i>H3 &gt;10</i>
<i>Centros Deportivos</i>		<i>CD3. Energía térmica por usuario (día)</i>	<i>CD3 &lt; 4</i>	<i>4 ≤ CD3 ≤ 5</i>	<i>CD3 &gt; 5</i>
<i>Restaurante</i>		<i>RI. Energía térmica por comensal</i>	<i>RI &lt; 0.36</i>	<i>0.36 ≤ RI ≤ 0.40</i>	<i>RI &gt; 0.4</i>
<i>Lavandería</i>		<i>LI. Energía térmica por kg</i>	<i>LI &lt; 1.8</i>	<i>1.8 ≤ LI ≤ 2</i>	<i>LI &gt; 2</i>

Identificando el rango de eficiencia térmica en el que se encuentra la instalación es posible emprender una serie de pasos según corresponda, para el caso de instalaciones de media y baja eficiencia es recomendable realizar una revisión más a fondo de la instalación,

a fin de identificar las áreas de oportunidad. Mientras que para el caso de instalaciones eficientes la recomendación es seguir implementando las buenas prácticas en la operación y mantenimiento del sistema.

## **2.2. Análisis por pérdidas de energía en el calentador y/o caldera de calentamiento de agua**

Una vez estimada la eficiencia térmica en la instalación con base en los indicadores, es importante poder identificar los principales elementos a través de los cuales se está perdiendo la energía, por lo que será necesario realizar una revisión a los principales componentes del sistema de agua caliente, partiendo por el equipo de calentamiento.

La revisión al equipo de calentamiento se realiza mediante una lista de verificación (Anexo C), la cual permitirá identificar a través de una serie de preguntas contenidas en 4 bloques el estado físico y operativo del equipo.

A continuación, se presentan brevemente cada uno de los bloques con las preguntas que lo contienen, cabe mencionar que estas preguntas ofrecen respuestas de opción múltiple que van desde un sí/no hasta una serie de rangos predeterminados.

### 1. Operación del calentador y/o caldera (pérdidas de hasta el 17 %)

- *Temperatura ambiente en el cuarto de máquinas.* Seleccione el rango de temperatura a la que se encuentra el sitio donde está instalado el calentador.
- *Temperatura de salida de agua caliente requerida.* Seleccione el rango de temperatura en la que se encuentre la temperatura de salida indicada en el control de la caldera/calentador.
- *Regulación del suministro de combustible.* Indique si se realiza la regulación del combustible con base en la demanda de agua caliente, de ser posible indicar en el área de observaciones como se realiza.
- *Tipo de sistema de purga.* Seleccione si el sistema de purga es automático, es decir lo realiza el propio equipo a través de un sistema de control o bien se realiza manualmente mediante el encargado.

- *Residuos de la combustión.* Derivado de la revisión visual indicar si existen algún tipo de residuos como hollín o cenizas cercanas al equipo, precisar en el área de comentarios.
  - *Tratamiento de agua.* Indique si se realiza tratamiento de agua previo a la entrada del equipo de calentamiento, especificar el tipo en el área de comentarios.
2. Condiciones del aislamiento térmico del calentador y/o caldera (pérdidas de hasta el 5%)
- *Estado del aislamiento del equipo.* Indique si el aislamiento se encuentra en buen estado, este no debe estar expuesto ni roto, en caso de encontrar alguna anomalía deberá especificarse.
  - *Estado del aislamiento del tanque de almacenamiento.* Señale el estado del aislamiento en el termotanque, este no debe estar expuesto ni roto, en caso de encontrar alguna anomalía o que no se cuente con aislamiento deberá especificarse.
  - *Aislamiento en la tubería de distribución de AC.* Indique si la tubería de distribución de agua caliente se encuentra aislada, en caso de estarlo es importante indicar el estado de este aislamiento.
3. Mantenimiento (pérdidas de hasta el 8%)
- *Capacitación al operador.* Señale si el operador ha recibido capacitación especializada para el mantenimiento del equipo.
  - *Limpieza de superficies y quemadores.* Indique si se realiza la limpieza periódica de las superficies y quemadores del equipo, especificando si lo realiza personal propio o bien alguna empresa ajena.
  - *Mantenimiento al equipo y al sistema de control.* Indique si se realiza mantenimiento preventivo de forma periódica al equipo, especificando la frecuencia de este (mensual, semestral, anual).
4. Red de distribución de agua caliente
- *Fugas en el recorrido hidráulico.* Derivado del recorrido en la instalación indique si la presencia de fugas, en caso de encontrarlas será importante mencionar su ubicación exacta y de ser posible su magnitud.
  - *Existencia del sistema de recirculación.* Indique si el sistema cuenta con un sistema de recirculación de agua caliente.

Cabe mencionar que dependiendo de la respuesta seleccionada esta tendrá un impacto en la eficiencia térmica del equipo. Para realizar la estimación de la eficiencia actual del equipo, se realiza una suma de los valores obtenidos en los tres rubros del formato, mismos que finalmente serán restados a la eficiencia de diseño obtenida de la etiqueta amarilla o placa del equipo de calentamiento de agua.

De esta forma, se puede conocer el total del porcentaje de la pérdida de eficiencia en cada uno de los rubros, y permite identificar áreas de oportunidad y emitir una serie de recomendaciones en materia de eficiencia energética para mejorar el rendimiento del equipo.

Tabla 8. Estimación de la eficiencia del calentador de agua (pérdidas máximas)

<b>Estimación de la eficiencia del calentador de agua</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<i>Eficiencia térmica de diseño</i>	85
<i>Total de pérdidas 1. Operación</i>	17
<i>Total de pérdidas 2. Aislamiento</i>	5
<i>Total de pérdidas 3. Mantenimiento</i>	8
<i>Total de porcentaje de pérdidas de eficiencia:</i>	-30
<i>Eficiencia actual (<math>\eta</math>):</i>	55

Fuente: Elaboración propia (Comisión Nacional para el Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, Dirección de Programas de Gestión en el Sector Energético, 2019)

**Nota:** La evaluación del equipo es individual, en caso de que se cuente con más de un calentador de agua, será necesario aplicar este cuestionario para cada uno de los equipos, indicando el número y ubicación geográfica en la instalación.

### **2.3. Pérdidas por factor de carga térmica**

Uno de los aspectos que tienen una repercusión directa en la eficiencia del equipo es la administración de la carga térmica, la cual está relacionada con el sobredimensionamiento de la caldera con respecto a la demanda de agua caliente, una caldera tiene el máximo rendimiento cuando esta trabaja a plena carga.

Con la intención de conocer el estado que guarda el equipo con respecto a la carga a la que es sometida, se realiza una evaluación de la demanda térmica de la instalación para

posteriormente compararla con la del equipo instalado. De esta manera podrá evaluarse si se cuenta con un equipo sobredimensionado y calcular el porcentaje de carga térmica a la que es sometido.

Para calcular la demanda térmica es importante identificar la temperatura de agua de la red y la temperatura deseada de salida del agua caliente (Tabla 3).

La demanda calorífica bruta “Q” está determinada por la siguiente formula:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T_c$$

En donde:

**m** = Masa de agua a calentar con base en la demanda diaria de agua caliente en el establecimiento [kg]

**Cp** = Calor específico del agua = 4.186 [kJ/kg K]

**$\Delta T_c$**  = Aumento promedio de la temperatura en el agua del calentador/tanque durante el tiempo de calentamiento.

$$\Delta T_c = T_2 - T_1$$

Donde:

$T_2$  = Temperatura de agua caliente requerida en el establecimiento [°C]

$T_1$  = Temperatura de agua fría de la red [°C]

Obtenida la demanda calorífica es necesario realizar un ajuste de demanda que permita estimar el tiempo que los equipos estarán operando en una hora de forma simultánea. Para hacer este cálculo es necesario multiplicar la demanda calorífica bruta por el factor de simultaneidad que se encuentra clasificado por servicio en la Tabla 9.

En caso de que exista recirculación de deberá ajusta el  $\Delta T_c$  incrementándolo en 5°C, este incremento compensará la pérdida de temperatura por el sistema de recirculación.

Para poder calcular la potencia calorífica con la que deberá cumplir el calentador, es necesario realizar algunos ajustes:

- Factor de ajuste por eficiencia. es el inverso del % de eficiencia del equipo, para el caso de calentadores comerciales se considera un porcentaje de eficiencia del 80%
- Factor de altura al nivel del mar. Se calcula considerando una pérdida de 1% en la eficiencia de combustión por cada 300 metros sobre el nivel del mar, contenida por estado en el Anexo D.
- Factor de ajuste por uso de gas L.P. se realiza una correlación de 1.1 veces el requerimiento siempre y cuando se utilice gas L.P.
- Factor de almacenaje. Es el porcentaje recomendado de agua caliente que debe tenerse almacenado a fin de hacer frente a los periodos de consumo punta en la instalación (Tabla 9)

Tabla 9. Factores de simultaneidad y almacenaje.

MiPyME	Factor de simultaneidad	Factor de almacenaje
<b>Hoteles</b>	0.25	0.60
<b>Centros deportivos</b>	0.40	1
<b>Restaurantes</b>	0.30	
<b>Lavanderías</b>	0.30	

Fuente: Elaboración propia con datos (Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos , 2011).

Una vez obtenida la potencia calorífica del equipo y el volumen de almacenamiento se puede realizar una comparación con los equipos instalados, identificando si el equipo de calentamiento y el tanque de almacenamiento instalados actualmente, satisfacen la demanda que requiere el establecimiento, además de conocer la carga térmica a la que es sometido el equipo de calentamiento y como afecta su eficiencia, cabe mencionar que el cambio de eficiencia por este concepto puede ser de 4 a 5% (Plauchú, 2006).

#### **2.4. Pérdidas de energía en la red de distribución de agua caliente**

La energía pérdida en la red de distribución del agua caliente, es la relación entre la energía disponible en cabezales a la salida de la caldera y la que se entrega en los puntos de servicios, considerando perdidas en termotanque, red de distribución, y accesorios, los cuales tienen el efecto de reducir la temperatura del agua caliente a los diferentes servicios; estas

pérdidas se relacionan directamente con trayectorias, configuraciones, estado y tipo de elementos del sistema de conducción, incluyendo elementos para eliminar condensados, así como las características, diseño y el estado del aislamiento térmico.

En el caso de instalaciones de agua caliente sanitaria las pérdidas de calor en tuberías no deben ser superiores al 10% de la energía generada por el equipo de calentamiento (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment Facility, 2017).

Para obtener las pérdidas térmicas en la red de distribución, es necesario conocer la temperatura del agua caliente a la salida de la caldera y en el punto de consumo más alejado, así como el volumen de agua calentada.

$$\dot{Q}_{Pérd} Q_{Pérd} = m * CP * (T_C - T_S)$$

Donde:

$\dot{Q}_{Pérd} Q_{Pérd}$ : Energía perdida por metro lineal

$m$ : Masa de agua a calentar con base en la demanda diaria de agua caliente en el establecimiento [kg]

$P$ : Calor específico del agua,  $4.186 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$

$T_C$ : temperatura del agua a la salida del calentador [ $^\circ C$ ]

$T_S$ : Temperatura del agua en el punto de consumo más alejado [ $^\circ C$ ]

De tal modo que para que se trate de una red de distribución de agua caliente eficiente:

$$\dot{Q}_{Pérd} < Q_{Pérd} \leq 0.1Q$$

En caso de que las pérdidas térmicas en tuberías sean superiores al 10% será necesario implementar medidas de eficiencia energética como el mejoramiento del aislamiento térmico y una revisión de la red de distribución para evitar recorridos innecesarios.

## Capítulo 3. Selección de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía

Con base en el análisis de la información recopilada, se procede a identificar las medidas de ahorro estimando los montos totales de las inversiones necesarias para la implantación, los costos adicionales asociados (operación, mantenimiento y consumibles), los ahorros que se alcanzarán y la rentabilidad financiera (retorno de inversión, valor presente neto, etc.).

Entre las medidas genéricas a considerar se incluyen:

1. Baja o nula inversión (operativas): son aquellas medidas operativas que no requieren inversión o bien no representan un gasto significativo y que usualmente el personal de mantenimiento puede identificar y llevarlas a cabo.
2. Medias de inversión: la inversión puede recuperarse como resultado de los ahorros energéticos en un periodo corto, por ejemplo, la instalación de aislamiento térmico en tuberías y componentes (menor a dos años).
3. Alta inversión: se refiere principalmente a la sustitución de equipos por tecnología con mayor eficiencia energética y la instalación de un sistema de calentamiento solar de agua, los cuales representan una inversión significativa cuyo periodo de retorno de inversión puede ser de tres a cinco años.

Se sugiere implementar las medidas de ahorro y uso eficiente de energía por orden de inversión, es decir iniciar con aquellas medidas que requieren una baja o nula inversión operativas, pero que ofrecen grandes ahorros, y posteriormente continuar con aquellas que requieran una mediana y alta inversión.

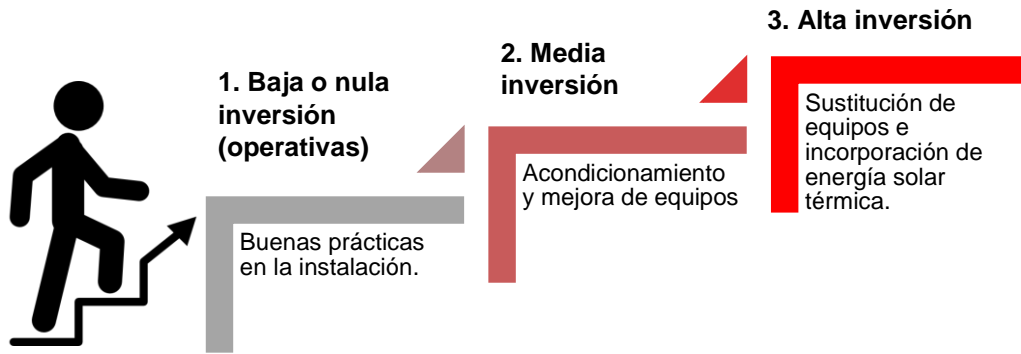


Figura 1. Implementación de medidas de eficiencia energética en la instalación de agua caliente.

### 3.1. Implementación de las acciones recomendadas por estado, operación y mantenimiento del equipo e instalación de calentamiento de agua

A partir de la información recopilada, se revisa y contrasta con un conjunto de acciones y buenas prácticas recomendadas para mejorar el desempeño operativo y energético de la instalación MiPyME. Estas pueden ser de baja o nula inversión, y pueden representar importantes ahorros, para continuar posteriormente con aquellas de media y alta inversión.

Bajo esta perspectiva, nos permitimos poner a consideración las siguientes prácticas, de acuerdo con el equipo de calentamiento de agua que se utilice en la MiPyME.

En la Tabla 10 se muestra de manera general las medidas de ahorro y uso eficiente de energía por orden de inversión

Tabla 10. Recomendaciones de eficiencia energética para sistemas de calentamiento de agua

Recomendación	Tipo de inversión	Potencial de ahorro	Caldera	Calentador
Registro continuo de los consumos de agua y energía	Nula	2% – 5%	✓	✓
Administración de carga	Nula		✓	
Limpieza de las superficies de transferencia	Nula	3%	✓	✓
Monitoreo y control de la apariencia de la flama	Nula	1-3%	✓	✓
Capacitación a operadores y personal de mantenimiento sobre los equipos	Baja	3 %	✓	✓
Regulación de combustible con base en la demanda de agua caliente	Baja	2%	✓	✓
Reparación de fugas de agua	Baja	2%	✓	✓
Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo	Baja	2%	✓	✓
Mantenimiento al sistema de control	Baja	Hasta 15%	✓	
Termómetros en ductos de salida de caldera y chimenea	Baja		✓	
Medidores de flujo, presión y temperatura, en entrada y salida del agua y combustible.	Media		✓	
Sistema de purga automático	Media		2-3%	✓
Control de apertura y cierre automático en el flujo de aire. (Evitar efecto chimenea)	Media	4-6%	✓	
Reparación/colocación de aislamiento en la red de distribución (incluyendo accesorios)	Media	2%	✓	✓
Incorporación de sistema de tratamiento de agua	Media	2%	✓	✓

Fuente: Elaboración propia con datos de (Plauchú, 2006)

### 3.2. Sustitución de calentadores domésticos / comerciales y/o calderas

La sustitución de calentadores y/o calderas son una medida de eficiencia energética de alta inversión, pero necesaria cuando se trata de equipos con una larga vida en operación que presentan una baja eficiencia térmica, a pesar de tratarse de una alta inversión económica, resulta ser rentable realizar este tipo de sustitución por la cantidad de ahorros que podrían generar (entre el 10 y el 30%), en promedio el retorno de inversión derivado de una sustitución de caldera/calentador oscila entre los 3 y 5 años, dependiendo de las eficiencias, combustibles y consumos.

De acuerdo con las siguientes consideraciones se puede optar por:

1. La sustitución del equipo de calentamiento.
2. Realizar modificaciones/reparaciones de media y baja inversión al equipo.
3. Capacitación para la implementación de buenas prácticas en la operación y mantenimiento del equipo.

*Tabla 11. Medidas de eficiencia energética relacionadas con la sustitución de equipos de calentamiento*

Antecedente	Medida de eficiencia energética recomendada		
	Mantenimiento / capacitación	Modificación /reparación	Sustitución
Inversión	Baja/nula	Baja	Alta
Más de 15 años en operación (calderas)			✓
Equipo con eficiencia térmica menor al 70% ( <b>MGM International, 2018</b> )	✓	✓	✓
Alto costo de mantenimiento	✓		✓
Alto costos de combustible	✓	✓	✓
No cuenta con control de combustión o un control de combustión antiguo	✓	✓	

Su funcionamiento es deficiente	✓	✓	
Se realizará cambio de combustible	✓	✓	

Fuente: Elaboración propia

La selección de la caldera y/o calentador dependerá del tipo de instalación, de las necesidades de agua caliente y de la infraestructura del establecimiento.

Las premisas del sistema y sus equipos serán:

- Suministrar las cantidades adecuadas de agua caliente a la temperatura establecida en todos los puntos de consumo en todo momento.
- Utilizar fuentes económicas de calor, seleccionado adecuadamente el tipo de calentador y el combustible con el que trabajarán.
- Utilizar sistemas de seguridad que garanticen que el sistema de distribución de agua caliente trabaje de manera segura y confiable.
- Un sistema de operación económica y con gastos de mantenimiento razonables, que debe estar considerado en los equipos y materiales a instalar.

Considerando la vida útil de la caldera y/o calentador, la inversión por la compra del equipo es la parte más baja, por el contrario, los costos de combustible y mantenimiento representan la mayor parte de la inversión. Por lo que se hace indispensable realizar un análisis previo a su compra con base en lo siguiente:

- Eficiencia. Elegir una caldera y/o calentador eficiente permite que los ahorros generados año con año superen cualquier ahorro en el costo inicial de un diseño menos eficiente.
- Costos de mantenimiento. La selección de una caldera/calentador con bajos costos de mantenimiento preventivo, proporcionará ahorros sustanciales y maximizará la inversión.

- Comportamiento del equipo. La caldera y/o calentador no sólo deberá ser eficiente en su puesta en marcha, sino deberá continuar funcionando de manera eficiente año tras año.
- Costo en reparaciones. Hay que considerar que los accesorios más susceptibles al daño se encuentren disponibles y sean accesible, así como la asistencia técnica por parte del proveedor.
- Correcto dimensionado de la capacidad térmica de la caldera y/o calentador, para los requerimientos específicos del establecimiento.

Para el caso de calentadores de uso doméstico y comercial su eficiencia varía entre el 76% y el 92% dependiendo la tecnología y el tipo de gas que utilice el calentador, es posible elegir entre varias tecnologías dependiendo las necesidades de la instalación.

Estos calentadores deberán contar con certificado de conformidad de producto vigente en apego a la NOM-003-ENER-vigente, se sugiere instalar equipos con una eficiencia mayor al 5% de lo establecido (Asociación de Normalización y Certificación, 2012), mismo que se puede apreciar en el etiquetado.

Se recomienda instalar calentadores de uso doméstico o comercial en instalaciones de baja demanda y construcciones pequeñas, puesto que sus requerimientos de espacio son mínimos y es posible instalarlos en exteriores.

Es preferible instalar un sistema de calentamiento centralizado cuando las condiciones físicas del sitio así lo permitan, siendo un sistema más seguro y eficiente, al permitir tener el control total de la instalación en un sólo cuarto de máquinas, además de que el período de vida útil de una caldera es superior al de un sistema individual.

Para operar y evaluar **eficientemente la caldera y/o calentador**, es necesario implementar instrumentación adicional que nos permita conocer las condiciones de operación del equipo (flujo de combustible, temperaturas, cantidad de agua de repuesto, entre otras más), que nos permite conocer el funcionamiento del equipo e identificar cualquier pérdida de energía en el sistema.

Como mínimo se requieren los siguientes:

- Termómetros en ductos de salida de caldera y chimenea
- Medidores de flujo másico, presión y temperatura, para agua de alimentación y agua de repuesto, y combustible para caldera
- Analizador de oxígeno
- Registro de tiempo de operación
- Realizar la medición de salida de energía, flujo másico, presión y temperatura del agua caliente
- Presiones en el sistema

Lo más apropiado es utilizar un sistema de monitoreo digital, que brindar información sobre el exceso de aire, emisiones y eficiencia automáticamente, permitiendo identificar las causas de la pérdida de energía.

### **3.3. Distribución de agua caliente**

En la red de distribución de agua caliente, se requiere instalar válvulas de regulación para conseguir un reparto uniforme de los caudales de agua, comprobar el aislamiento térmico de las distribuciones e incrementarlo en las partes accesibles. También se requiere evacuar la presencia de aire en tuberías, para evitar la mala circulación en las tuberías, a partir de la instalación de válvulas eliminadoras de aire. En caso de no existir, se deben instalar válvulas de corte exteriores en las distribuciones, y de ser posible instalar contadores individuales de agua caliente según el tipo de servicio.

### **3.4. Aislamiento térmico**

Las pérdidas de calor en el proceso de producción de agua caliente ocasionan costos de importancia, ya que la relación de estos costos está directamente relacionada con un mayor consumo de combustible y/o electricidad, afectando así a la productividad de la MiPyME.

Como regla básica, puede citarse que un sistema o tuberías de distribución de agua caliente, tiene un potencial de ahorro de hasta un 15% al incorporarse el aislamiento térmico adecuado (Plauchú, 2006).

En la selección de materiales y espesores de aislamiento térmico, deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Normatividad
- Análisis económico
- Temperatura involucrada
- Facilidad de instalación
- Correcto dimensionado

Se recomienda aislar cuerpos de la bomba, válvulas, bridas y todos aquellos elementos que pueden perder calor, sobre todo si la diferencia de temperatura del fluido con el ambiente que le rodea supera los 40°C y aumentar el aislamiento de los tanques de agua caliente hasta 100 mm de espesor, dependiendo del aislamiento seleccionado.

Los aislantes térmicos utilizados deberán cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ENER-2014, Eficiencia Energética en Sistemas de Aislantes Térmicos Industriales para aislantes de alta temperatura (SENER, 2014).

### 3.5. Tratamiento de agua

Al tratarse de equipos de calentamiento de agua uno de los factores a ser considerados, es la cantidad de sólidos disueltos presentes y su concentración en el agua de repuesto. La Tabla 12 muestra el resumen del efecto de estos sólidos en la eficiencia del equipo.

*Tabla 12. Efecto de un tratamiento inadecuado al agua*

<b>Efecto</b>	<b>Problema</b>	<b>Consecuencia</b>	<b>Pérdida de energía</b>
<b>Incrustación</b>	Dureza/silicio	Formación de recubrimiento duro en las superficies internas de la caldera.	Sí
<b>Reducción de transferencia de calor</b>	Incrustación y depósito de sólidos; sales, lodos etc.	Sobrecalentamiento de áreas de intercambio – desperdicio de combustible.	Sí

<b>Corrosión</b>	O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	Ocasiona picaduras en los elementos metálicos de la caldera, deterioro y fallas.	Sí
<b>Arrastre</b>	Alta concentración de sólidos en agua de caldera.	Contaminación del sistema de distribución, depósitos en tuberías y asientos en válvulas.	Sí
<b>Pérdida de eficiencia en equipos motrices</b>	Incrustación en rotores y depósito de sólidos	Reducción de los caudales máxicos de agua de diseño	Si

Fuente: Elaboración propia con información y datos tomados de (Plauchú, 2006)

**Nota.** La calidad del agua de alimentación y del agua en el interior del equipo de calentamiento estará en función del tipo de generador y de las condiciones de trabajo, siendo el fabricante quien fije estas condiciones límite.

Algunas de las soluciones para el tratamiento y acondicionamiento del agua se muestran en la Tabla 13.

*Tabla 13. Recomendaciones de eficiencia energética relacionadas con el tratamiento de agua*

Recomendación	Inversión		
	Baja/nula	Media	Alta
Control de las purgas para eliminar precipitados y iones en la caldera.	✓		
Mantenimiento o sustitución a los ánodos de sacrificio con base en la bitácora.	✓		
Tratamiento interno de agua		✓	
Tratamiento del agua previamente a la entrada del sistema de calentamiento			✓

### 3.6. Bombas y ventiladores

El sistema de bombeo es utilizado principalmente para vencer las resistencias de la fricción en tuberías y accesorios. Las caídas de presión en válvulas y accesorios están dadas por coeficientes que varían mucho por el diseño, calidad de fabricación y arreglo. Una serie de mejoras pueden llegar a optimizar la tubería y sus componentes, e influir bastante en el ahorro de energía de una bomba.

También se debe prestar atención a las reparaciones que ha tenido la bomba, ya que un rebobinado puede reducir eficiencia significativamente, por lo que se recomienda que, en caso de reparaciones mayores, estén sean realizadas por personal calificado.

Una bomba mal reparada al ser nuevamente puesta en operación puede llegar a consumir más energía que el inicio de su vida útil, por lo que en caso de que los daños sean mayores, resulta más económico sustituir la bomba que repararla, siendo conveniente sustituirla por un equipo de mayor eficiencia.

Dentro de las principales recomendaciones en bombas y motores se muestran en la Tabla 14:

*Tabla 14. Recomendaciones de eficiencia energética en bombas y motores*

Recomendación	Inversión		
	Baja/nula	Media	Alta
Mantenimiento preventivo periódico programado de las bombas e instalación general	✓		
Revisión periódica y sustitución de acoplamiento entre flecha y motor	✓		
Correcto balanceo y eliminación de vibraciones en las bombas y motores	✓		
De ser posible balancear la tensión de alimentación a motores	✓		
Corregir el sobredimensionamiento en motores.	✓		
Mejorar el factor de potencia	✓		
Mejorar la ventilación de los motores	✓		
Instalar motores de alta eficiencia ( <b>SENER, 2016</b> )		✓	

## Capítulo 4. Evaluación de las medidas y acciones de ahorro

### 4.1. Por sustitución de equipo

Para la evaluar las medidas y acciones de ahorro seleccionadas, tomaremos como base el consumo de combustible por ser el que representa el mayor costo dentro de la instalación, además de que está directamente relacionado con la demanda de agua caliente y se ve afectado por el rendimiento del equipo.

El potencial de ahorro de combustibles derivado de una sustitución de equipo se realiza tomando en cuenta el consumo de combustible actual (línea base) menos el consumo de combustible con la nueva caldera y/o calentador operando en condiciones similares.

Como se ha visto en apartados anteriores el potencial de ahorro depende de la capacidad de la **caldera y/o calentador**, número de horas de operación, condiciones de mantenimiento actuales, con ahorros potenciales que pueden establecerse entre un 10 y 30%.

A fin de realizar la evaluación energética y económica de un proyecto de **sustitución de caldera y/o calentador** es necesario contar con el potencial de ahorro anual por concepto de combustible, el cual se obtiene mediante la diferencia de consumos entre la caldera y/o calentador actual y una caldera y/o calentador con mejor eficiencia, tal como lo muestra la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} \text{Ahorro de combustible} \\ &= \text{Consumo de combustible actual} \\ &- \text{Consumo de combustible con equipo eficiente} \end{aligned}$$

De esta forma:

$$\text{Ahorro de combustible} = \frac{CEA}{PC * \eta_{AC}} - \frac{CEA}{PC * \eta_{SC}}$$

Donde:

$\eta_{AC}$ : Es la eficiencia actual del equipo de calentamiento (calentador, caldera, etc.)

$\eta_{SC}$ : Es la eficiencia termica de diseño del nuevo equipo,  
localizada en la etiqueta amarilla o placa.

#### 4.2. Por aplicación de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía

Para el caso en que solo se aplicaron una serie de medidas de eficiencia energética en la instalación es importante evaluar con base en los porcentajes de las medidas aplicadas, realizando un ajuste porcentual en la eficiencia del equipo, de acuerdo con los ahorros porcentuales obtenidos de cada medida.

$$PA_{combustible} = Consumo_{CombReal} - Consumo_{CombAjustado}$$

Donde:

$PA_{combustible}$ : Potencial de ahorro de combustible [l]

$Consumo_{CombReal}$ : Consumo de combustible actual (linea base) [l]

$Consumo_{CombAjustado}$ : Consumo de combustible,  
considerando el ajuste a la eficiencia del equipo [l]

*derivado de la aplicacion de mejoras de eficiencia energética.*

Una vez obtenido el potencial de ahorro ya sea para la sustitución de equipo o para la aplicación de mejores es posible conocer el ahorro económico generado, mediante la siguiente ecuación.

$$Ahorro\ económico = PA_{combustible} \cdot C_{combustible}$$

Donde:

*Ahorro económico*

*= Es el ahorro económico en pesos, derivado de las medidas seleccionadas*

$PA_{combustible}$ : Potencial de ahorro de combustible [l]

$C_{combustible} =$

*costo de combustible [\$] basado en la unidad de venta (kg, l, m<sup>3</sup>, kWh)*

Los requerimientos de inversión en calderas dependen de factores como la capacidad de producción de agua caliente, tipo de tecnología, combustible, potencia, etc. En las tablas 15 y 16 se resumen los precios indicativos de inversión para equipos de calentamiento (calentadores y calderas) sin incluir costos de instalación puesto que estos dependen de las condiciones específicas del sitio donde se desarrolla el proyecto, sin embargo, se estima que el costo de instalación ronda en un 30% con respecto al precio del equipo.

*Tabla 15. Costos indicativos de calentadores de agua por tipo de tecnología (Calentadores Domésticos y Comerciales)*

<b>Equipo</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Volumen/flujo</b>	<b>Inversión</b>
<b>Calentadores</b>	Almacenamiento	40 – 60 litros	\$2,000 - \$5,000
		62 – 80 litros	\$4,000 - \$ 8,000
		100 – 200 litros	\$8,500 - \$12,000
		200 – 400 litros	\$28,000 - \$44,500
	Rápida recuperación	5 – 9 l/min	\$2,500 - \$9,500
		11 – 16 l/min	\$4,000 - \$19,000
		20 – 26 l/min	\$10,000 - \$26,000
	Instantáneo	5 – 9 l/min	\$1,500 - \$3,000
		11 – 16 l/min	\$4,000- \$10,000
		20 – 35 l/min	\$12,000 - \$24,000

Fuente: Elaboración propia con a partir de la información de mercado disponible, 2021

Tabla 16. Costos indicativos en calderas por tipo de tecnología (calderas)

<b>Equipo</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Potencia</b>	<b>Inversión</b>
<b>Calderas</b>	Atmosférico	150 - 200 MBTU	\$195,000 - \$205,000
		250 - 400 MBTU	\$210,00 - \$250,000
	Alta recuperación	200 MBTU	\$190,000
		250 - 400 MBTU	\$200,000 - \$220,000
	Alta recuperación con inductor de tiro	50 – 300 MBTU	\$185,000 - \$220,000
		1200 – 1600 MBTU	\$212,000 - \$350,000
		1600 – 2400 MBTU	\$370,000 - \$420,000

Fuente: Elaboración propia con a partir de la información de mercado disponible. 2021

#### 4.3. Por implementación de un sistema solar térmico

Una vez que se hayan determinado las medidas de eficiencia energética a implementarse en la instalación y se conoce el consumo de combustible ajustado, es posible realizar la evaluación técnica-económica de la instalación solar.

Para el cálculo de los ahorros económicos por el uso del sistema solar se utilizará la fracción de energía solar útil aportada por el sistema, la cual se obtendrá de la evaluación de la aportación solar especificada en este documento, dividida entre la eficiencia del sistema de calentamiento una vez implementadas las mejoras en materia de EE y multiplicado por el precio actual del energético actualmente utilizado.

$$Ahorro = \frac{FS}{\eta_{EE}} \cdot C_{combustible} = [\$]$$

Donde:

*FS*: Fracción solar

$\eta_{EE}$ : Eficiencia del equipo una vez implementadas las medidas de EE

$C_{combustible}$ : Costo de combustible

Un sistema de calentamiento solar de agua se diseña con base en las características de la instalación, encontrando sistemas prefabricados (termosifón) utilizados para pequeños volúmenes de agua, áreas reducidas o sistemas de calentamiento individual, y sistemas solares a circulación forzada de mediano y gran tamaño utilizados principalmente en sistemas de calentamiento centralizado debido a que la configuración hidráulica facilita su interconexión.

Los requerimientos de inversión varían de acuerdo con el tipo de sistema a instalar, demanda de agua caliente, tecnología, etc. En la Tabla 17 se puede encontrar precios indicativos de la tecnología con base en la información del mercado.

*Tabla 17. Costos indicativos para sistemas solares térmicos por tipo de sistema*

<b>Tipo de sistema</b>	<b>Tecnología</b>	<b>\$/m<sup>2</sup></b>
<b>Termosifónico</b>	Placa plana	\$6,500
	Tubos evacuados	\$6,500
<b>Circulación Forzada</b>	Placa plana	\$10,200
	Plásticos (polipropileno)	\$3,000

Fuente: Elaboración propia con a partir de la información de los proyectos instalados en el marco del MFP (2017-2019) e información del mercado disponible para sistemas termosifónicos.

## Conclusiones

Las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) son el pilar de la economía mexicana, generan el 72% del empleo y el 52% del PIB, se estima que derivado de la pandemia por COVID 19 cerraron sus puertas definitivamente más de 1 millón de establecimientos, lo equivalente a 20.8% del total en el país (INEGI, 2020)

En medio de una crisis económica, el ahorro y reducción de los gastos operativos dentro de una MiPyME es fundamental, para el caso de empresas que utilizan agua caliente para el desarrollo de sus funciones, el uso y aprovechamiento de los recursos energéticos se vuelve prioritario, ya que se relacionan directamente con los recursos económicos derivados de la operación y mantenimiento del sistema de agua caliente sanitaria.

La energía más barata es aquella que no se utiliza, bajo este principio y tomando en cuenta que el combustible es utilizado para calentar agua, cada litro de agua caliente vale, por lo que deberá ser cuidada desde su producción en la caldera, durante su distribución en la red de agua caliente y en su punto de consumo, llámese regadera, lava manos o fregadero, por lo que es importante identificar en cada punto las medidas correspondientes a implementar.

Cabe mencionar que la evaluación del sistema de calentamiento de agua se realiza en términos cualitativos considerando una serie de factores que derivan de la revisión física, y la lista de verificación aportara los valores cuantitativos de la eficiencia, esto se realiza de acuerdo con lo establecido en materias como Metodología de la investigación, en donde se realiza la investigación documental, el análisis del contenido, el procesamiento de la información y la generación de conclusiones.

La situación actual difícilmente permite que las empresas puedan optar por invertir grandes sumas de dinero para la sustitución o adquisición de nuevos equipos de calentamiento, sin embargo gracias al presente documento es posible identificar acciones de ahorro y uso eficiente de la energía que no necesariamente requieran grandes inversiones, me refiero al uso de buenas prácticas en la instalación, acciones tan sencillas como nivelar el

consumo de gas, realizar un mantenimiento preventivo, reparación de fugas e identificación de los consumos, permiten generar ahorros económicos derivados del ahorro de combustible.

Sin embargo, en caso de que la MiPyME derivado de la evaluación optara por la sustitución de equipos, la recuperación de la inversión difícilmente superaría los 3 años, cuando los equipos tienen una vida útil superior a los 10 años, dejando un largo periodo de ahorros y beneficios económicos que permitirían la reinversión en otras áreas de la empresa.

Una vez que el sistema de calentamiento instalado sea un sistema eficiente, será posible implementar un sistema de calentamiento solar de agua, el cual podrá generar grandes ahorros económicos por concepto de combustible. Estos sistemas requieren una inversión inicial significativa; sin embargo, los periodos de recuperación son cortos, entre los 2 y 5 años dependiendo el tipo de combustible utilizado.

Contar con un sistema de calentamiento eficiente y/o un sistema solar térmico, además de generar grandes beneficios económicos por el ahorro de combustible utilizado para calentar agua, permite reducir significativamente la emisión de gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmosfera, además de que las empresas que realizan este tipo de acciones son reconocidas por su responsabilidad social y compromiso con el medio ambiente. Para el caso de hoteles y centros deportivos, estos utilizan estas acciones como una campaña de sustentabilidad, la cual genera cierta expectativa en sus usuarios, repercutiendo directamente en la ocupación de los mismos.

De esta forma tanto la eficiencia energética como la energía renovable, muestran grandes beneficios en su implementación, beneficios económicos, sociales y ambientales, además de ser parte fundamental de la reactivación económica en las MiPyMEs.

## Referencias

- Aguilar, J. G. (22 de Junio de 2022). *Foro MIPYMES 2021*. . Obtenido de Programas de apoyo para las MiPyMEs [Diapositivas]:  
<https://sites.google.com/conuee.gob.mx/foromipymes/22-de-junio>
- American Society o Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2015). *Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications*. Atlanta: ASHRAE.
- Asociación de Normalización y Certificación. (Junio de 2012). *Especificación de calentadores para agua que utilizan combustible de gas destinados a ser usadas en desarrollos de "Hipoteca Verde"*. Obtenido de Hipoteca verde Infonavit:  
[https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/hipoteca-verde!/ut/p/z1/pZJbC4JAEIV\\_ja\\_OqLIYb2uYF6QLKNm-hMW2GuqGWf79xJ6CUqF5m-E7M4fDAIMEWJU-c5E2uazSousPjByJi-gtZ9raDVDH3caOtrFuBzPPhP0AYBBCgP2](https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/hipoteca-verde!/ut/p/z1/pZJbC4JAEIV_ja_OqLIYb2uYF6QLKNm-hMW2GuqGWf79xJ6CUqF5m-E7M4fDAIMEWJU-c5E2uazSousPjByJi-gtZ9raDVDH3caOtrFuBzPPhP0AYBBCgP2)
- Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos . (Marzo de 2011). *Procedimiento de Especificación de Calentadores Comerciales*. Ciudad de México.
- Comisión Nacional para el Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, Dirección de Programas de Gestión en el Sector Energético. (Agosto de 2019). *Herramientas para el calcula y/o estimación de la eficiencia energética en Calentadores de agua utilizados en hoteles*. Ciudad de México.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment Facility. (2017). *Requisitos mínimos y metodología de evaluación de sistemas de calentamiento solar de agua para hoteles*. Obtenido de Comision Nacional para el Uo Eficiente de la Energía:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/169874/Lineamientos\\_t\\_cnicos\\_Versi\\_n\\_final.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/169874/Lineamientos_t_cnicos_Versi_n_final.pdf)
- CONUEE. (Noviembre de 2017). *Análisis de la evolución de los indicadores de eficiencia energética en México por sector, 1995-2015*. Obtenido de Comisión Nacional Para

el Uso Eficiente de la Energía:

[https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuadernillo8\\_corregido.pdf](https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuadernillo8_corregido.pdf)

INEGI. (2020). *Estudio sobre Demografía de los Negocios*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://www.inegi.org.mx/programas/edn/2020/>

MGM International. (2018). *Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética. Tipo de Proyecto: Calderas de Alta Eficiencia*. Obtenido de Banco de Desarrollo de América Latina: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1298>

Plauchú, A. (2006). *Eficiencia en sistemas de generación y distribución de vapor*. México.

Secretaría de Economía. (30 de 06 de 2009). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de ACUERDO por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas.: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5096849&fecha=30/06/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5096849&fecha=30/06/2009)

Secretaría de Medio Ambiente. (14 de Noviembre de 2018). *Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-008-AMBT-2017, que Establece las Especificaciones Técnicas para el Aprovechamiento de la Energía Solar en el Calentamiento de Agua en Edificaciones Instalaciones y Establecimientos*. Obtenido de Gaceta oficial de la Ciudad de México : <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF-008-AMBT-2017.pdf>

SENER. (8 de agosto de 2014). *NORMA Oficial Mexicana NOM-009-ENER-2014, Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355816&fecha=08/08/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355816&fecha=08/08/2014)

SENER. (15 de Noviembre de 2016). *NORMA Oficial Mexicana NOM-016-ENER-2016, Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW a 373 kW. Límites, método de*

*prueba y marcado*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación:

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5460981&fecha=15/11/2016](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5460981&fecha=15/11/2016)

SENER. (28 de 08 de 2018). *Diario Oficial de la Federación*. (DOF, Ed.) Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018, Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas:

[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5536063&fecha=28/08/2018](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5536063&fecha=28/08/2018)

SENER. (15 de septiembre de 2021). *NORMA Oficial Mexicana NOM-003-ENER-2021, Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico*. (DOF, Ed.)

Obtenido de Diario oficial de la federación:

<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4458/sener/sener.htm>

## Anexos

### **Anexo A1. Formato de levantamiento, Hoteles**

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1rH5T6W5CLVROWRV28SUvtabmZHXTSu4p/edit?usp=sharing&oid=108630334550553264437&rtpof=true&sd=true>

### **Anexo A2. Formato de levantamiento, Centro Deportivo**

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/14evC5MvxkYQIvsJomLqKqfN3qFx4TPXR/edit?usp=sharing&oid=108630334550553264437&rtpof=true&sd=true>

### **Anexo A3. Formato de levantamiento, Restaurante**

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/16i4gfMqJkCUQgafQzQw053ixZk0gmvfW/edit?usp=sharing&oid=108630334550553264437&rtpof=true&sd=true>

### **Anexo A4. Formato de levantamiento, Lavandería**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1YVviwJiLIYUp9G-FXxAXOgdUV\\_2FVKjw/edit?usp=sharing&oid=108630334550553264437&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1YVviwJiLIYUp9G-FXxAXOgdUV_2FVKjw/edit?usp=sharing&oid=108630334550553264437&rtpof=true&sd=true)

## Anexo B. Memoria fotográfica de la instalación

<b>Lavandería</b>
Equipos de lavado (general)
Etiqueta de eficiencia energética / placa de cada uno de los equipos
Punto de conexión de agua caliente con el sistema de lavado
<b>Restaurante</b>
Equipos de lavado (lavavajillas)
Tarjas de lavado
Etiqueta de eficiencia energética/placa de cada uno de los equipos
Punto de conexión de agua caliente con el sistema de lavado
<b>Alberca</b>
Cuarto de máquinas de la alberca
Sistema de calentamiento de la alberca (panorámica)
Placa de la caldera o equipo de calentamiento
Sistema de filtrado
Conexión hidráulica
Equipo de bombeo y recirculación secundario
Placa del intercambiador de calor (si utiliza)
Cubierta térmica (si se utiliza)
<b>Sistema de calentamiento actual</b>
<b>Sistema individual</b>
Ubicación del calentador (panorámica, acceso y espacio disponible)
Etiqueta de eficiencia energética del calentador
Conexiones de agua fría y caliente al calentador
Estado general del calentador
Evidencia de equipos en al estado y/o presenten mala combustión
<b>Sistema Mixto</b>
Cuarto de máquinas (panorámica, acceso y espacio disponible)
Etiqueta de eficiencia energética de cada uno de los calentadores instalados

Conexiones de agua fría y caliente entre los calentadores
Estado general de los calentadores
Evidencia de equipos en al estado y/o presenten mala combustión
Bomba de recirculación del circuito primario
Tanques de almacenamiento, termómetro y sus conexiones
Placa(s) tanque de almacenamiento
Termómetro(s) que indiquen la temperatura del agua caliente
Manómetro (s) que indiquen la presión del agua caliente
Recorrido hidráulico de la caldera a los termotanques (circuito primario)
<b>Sistema centralizado</b>
Cuarto de máquinas (panorámica, acceso y espacio disponible)
Placa del equipo de calentamiento
Bomba de recirculación del circuito primario
Tanques de almacenamiento, termómetro y sus conexiones
Placa(s) tanque de almacenamiento
Termómetro(s) que indiquen la temperatura del agua caliente
Manómetro (s) que indiquen la presión del agua caliente
Recorrido hidráulico de la caldera a los termotanques (circuito primario)
<b>Sistema de distribución de agua caliente</b>
Manómetro del sistema de presurización
Suministro de agua fría
Sistema de filtrado
Recorrido hidráulico de los termotanques a los servicios (circuito secundario)
Estado de aislamiento en tubería
Suministro de agua fría
Elementos de la instalación (bombas, bypass, intercambiadores, etc.)
<b>Sistema de recirculación</b>
Imagen panorámica del sistema de recirculación
Elementos existentes (control/bomba/manómetro)
Tubería (conexiones/estado/aislamiento)

<b>Área disponible (identificando el sur)</b>
Áreas disponibles (panorámicas)
Obstáculos en el área disponible
Muros, pretilos o rompevientos
Inclinación
Objetos que causen sombra
Accesos a la azotea
Identificar recorrido posible del área disponible al cuarto de máquinas
Identificar tubería hidráulica en azotea y toma de agua fría.

**Anexo C. Lista de verificación equipo de calentamiento**

<b>Lista de verificación de EE en el sistema de calentamiento actual</b>		
<i>Equipo de calentamiento</i>		<i>Núm.:</i>
<i>Marca</i>		
<i>Modelo</i>		
<i>Servicios a los que abastece</i>		
<i>Consideración</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Comentarios adicionales</i>
<b>Operación del equipo de calentamiento</b>		
Temperatura ambiente en el cuarto de maquinas	<input type="checkbox"/> <10°C <input type="checkbox"/> 21°C a 25° <input type="checkbox"/> 10°C a 20°C <input type="checkbox"/> > 25°C	
Temperatura de salida de agua caliente requerida	<input type="checkbox"/> =< 45°C <input type="checkbox"/> 50°C a 60° <input type="checkbox"/> 45°C a 50°C <input type="checkbox"/> > 60°C	
¿Se regula el suministro de gas combustible para diferentes demandas de agua caliente?	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>  <input type="checkbox"/> <b>Automático</b> <input type="checkbox"/> <b>Manual</b>	Especifique:
Indique el tipo de sistema de purga	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	Especifique:
Identifica algún tipo de residuo de combustión en el calentador		Especifique:
¿Se da tratamiento al agua que alimenta el calentador?	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	Especifique:
<b>Aislamiento</b>		
¿El aislamiento del calentador se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	
¿El aislamiento del tanque de almacenamiento se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	
¿Se encuentra aislada la tubería que distribuye el agua caliente?	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	Estado del aislamiento:

<b>Mantenimiento</b>		
¿El operador fue capacitado para la adecuada operación del equipo de calentamiento?	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	
¿Se realiza limpieza a las superficies de transferencia de calor y quemadores?	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	
¿El calentador recibe el servicio de mantenimiento en el equipo y al sistema de control?	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	Indique frecuencia:
<b>Red de distribución de agua caliente</b>		
Identifica alguna fuga en el recorrido hidráulico	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	Especifique:
Se cuenta con sistema de recirculación de agua caliente	<input type="checkbox"/> <b>Si</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>	

**Anexo D. Datos climatológicos por estado**

<b>Estado</b>	<b>Temperatura promedio anual (°C)</b>	<b>Altura sobre el nivel del mar</b>	<b>Factor de pérdida por altura</b>
<b>Aguascalientes</b>	18	1908	0.25
<b>Baja California</b>	17	13	0.00
<b>Baja California Sur</b>	26	10	0.00
<b>Campeche</b>	24	5	0.00
<b>Ciudad de México</b>	16	2240	0.30
<b>Chiapas</b>	24	528	0.07
<b>Chihuahua</b>	18	1423	0.19
<b>Coahuila</b>	22	1609	0.21
<b>Colima</b>	26	494	0.07
<b>Durango</b>	21	1889	0.25
<b>Estado de México</b>	13	2680	0.36
<b>Guanajuato</b>	18	2050	0.27
<b>Guerrero</b>	23	1369	0.18
<b>Hidalgo</b>	18	2426	0.32
<b>Jalisco</b>	20	1589	0.21
<b>Michoacán</b>	18	1941	0.26
<b>Morelos</b>	21	1560	0.21
<b>Nayarit</b>	22	915	0.12
<b>Nuevo León</b>	22	538	0.07
<b>Oaxaca</b>	20	1550	0.21
<b>Puebla</b>	17	2150	0.29
<b>Querétaro</b>	19	1842	0.25
<b>Quintana Roo</b>	25	3	0.00
<b>San Luis Potosí</b>	18	1877	0.25
<b>Sinaloa</b>	25	84	0.01

---

<b>Sonora</b>	24	237	0.03
<b>Tabasco</b>	27	10	0.00
<b>Tamaulipas</b>	24	12	0.00
<b>Tlaxcala</b>	16	2252	0.30
<b>Veracruz</b>	24	16	0.00
<b>Yucatán</b>	26	9	0.00
<b>Zacatecas</b>	17	2612	0.35

---

## **Anexo E. Consideraciones para la generación de indicadores de evaluación**

### **Hoteles/Centros deportivos/Restaurantes**

- Base ocupación doble (Hoteles)
- PAC 50%
- $T1 = 20^{\circ}\text{C}$
- $T2 = 60^{\circ}\text{C}$
- Pérdidas generales del sistema 10%

### **Lavandería**

- PAC 33%
- $T1 = 20^{\circ}\text{C}$
- $T2 = 80^{\circ}\text{C}$
- Pérdidas generales del sistema 10%

**Anexo F. Poder calorífico por tipo de combustible**

<b>Energético</b>	<b>Unidad</b>	<b>Poder calorífico (MJ/unidad)</b>
<b>Gas LP</b>	kg	48.10
<b>Gas Natural</b>	m <sup>3</sup>	33.91
<b>Electricidad</b>	kWh	3.60
<b>Diésel</b>	l	38.69
<b>Combustóleo</b>	l	39.28
<b>Carbón</b>	kg	25.28