



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA TÉRMICA**

**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL LEVANTAMIENTO  
DE INFORMACIÓN PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA  
TÉRMICA DE UNA CALDERA”**

**T E S I N A**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA  
ENERGÍA**

**PRESENTA:  
PAMELA LIZETH CLARA ÀLVAREZ**

**DIRECTOR DE TESINA:  
M.I. VERÓNICA FLORES GARCÍA**

MÉXICO, D.F.

Enero 2017

## Agradecimientos

*Agradezco a Dios infinitamente por guiar mi vida y mi corazón, además de permitirme experimentar y concluir esta etapa de aprendizaje.*

*A mis padres, por apoyarme siempre de manera incondicional y creer en mí; por darme lo mejor de cada uno de ustedes y forjar la esencia de mi personalidad día a día con su ejemplo. Siempre los amaré y estaré agradecida con ustedes eternamente. Tú sabes mamá que, aunque físicamente no estés, tu recuerdo me acompaña por siempre y es el impulso que me da vida...*

*A mi hermano, por ser mi mejor amigo y cómplice, por compartir conmigo estos años, más que un hogar, una experiencia de vida. ¡Eres el mejor pez que conozco!*

*A ti Sanders, que te has convertido en una persona muy importante en mi vida, que hemos emprendido tantas aventuras y proyectos juntos, con el objetivo siempre de crecer y ser mejores cada día; juntos veremos culminado este proyecto. ¡Disfrutémoslo!*

*A los profesores de la Especialidad, por compartir sus conocimientos y experiencia con nosotros. De igual manera, a mis compañeros y colegas con quienes integramos un grupo dinámico y diverso que enriqueció las clases. Para todos ellos mi respeto y admiración; de ellos me llevo grandes amigos.*

*Al FIDE, por otorgarme las facilidades para seguir preparándome profesionalmente; especialmente al Ing. David Cedillo, por permitirme disponer del tiempo para esta especialidad.*

*A mi tutora la M.I. Verónica Flores, por apoyarme y asesorarme para la culminación de este trabajo.*

*A la UNAM, por seguir siendo parte de mi formación profesional y porque sin duda es un orgullo pertenecer a la máxima casa de estudios. ¡Por mi raza hablará el espíritu!*

## Contenido

Agradecimientos .....	1
Índice de tablas .....	4
Índice de figuras .....	5
Resumen .....	7
Introducción.....	8
Planteamiento del problema y justificación .....	10
Objetivos: .....	11
1. Definición de conceptos claves para el análisis energético de calderas .....	11
1.1. Definición de Caldera .....	11
1.2. Flujo de Masa y Energía en una Caldera .....	12
1.3. Proceso de Combustión .....	13
1.3.1. Combustibles.....	14
1.3.2. Aire de combustión y coeficiente de exceso de aire .....	15
1.3.3. Rendimiento de la combustión.....	16
1.4. Clasificación de Calderas.....	18
1.4.1. Piro tubulares o de Tubos de Humo .....	18
1.4.2. Acuotubulares o de Tubos de Agua .....	19
1.4.3. Comparativo de Calderas Acuotubulares y Piro tubulares.....	20
1.5. Influencia del Factor de carga en la eficiencia de una caldera. ....	22
2. Propuesta metodológica del levantamiento de información de una caldera en operación. 23	
2.1. Metodología de análisis .....	24
2.2. Revisión Bibliográfica .....	25
2.3. Propuesta de formato para levantamiento de información de una caldera en operación .....	32
3. Aplicación del formato de levantamiento de datos con base a una metodología propuesta de análisis.....	36
3.1. Análisis de industrias como uso intensivo en calderas.....	36
3.2. Tamaño de las calderas en el sector PyME.....	39
3.3. Industria Láctea: procesos y productos que demandan el uso del vapor. ....	41
3.3.1. Los Productos de la leche.....	43
3.3.1.1. Leche UHT .....	44

3.3.1.2. Queso .....	45
3.3.2. Requerimiento de energía térmica en los principales procesos de la industria láctea	47
3.3.2.1. Tratamiento UHT o Ultrapasteurización .....	48
3.3.2.2. Pasteurización.....	49
3.3.2.3. Esterilización .....	51
3.3.3. Especificaciones del vapor de la Industria Láctea .....	51
3.3.4. Consumo Global de Energía en una planta .....	52
3.4. Metodología de análisis con base en la información recopilada en el formato de levantamiento. ....	60
3.4.1.2. Determinar/Verificar las necesidades de calor a satisfacer. ....	62
3.4.1.2.1. Criterios a considerar en las necesidades de vapor (mínimo requerido) .....	62
3.4.1.2.2. Ejemplo de Cálculo.....	64
3.4.1.2.3. Algunos valores recomendados para el sector lácteo: .....	67
3.4.1.3. Levantamiento de información.....	68
3.4.1.4. Determinar la eficiencia del equipo actual .....	71
3.4.1.4.1. Métodos para determinar la eficiencia de una caldera.....	71
Método Directo:.....	71
Método Indirecto: .....	73
3.4.1.4.2. Ventajas y desventajas comparativas entre los métodos .....	75
3.4.1.4.3. Ejemplo de aplicación (memoria de cálculo).....	76
Presentación del caso estudio: .....	76
3.4.1.5. Evaluación del dimensionamiento.....	82
3.4.1.6. Consideración para el establecimiento de la Línea Base e Índices Energéticos en calderas	82
3.4.1.7. Propuesta de la Caldera de Alta Eficiencia .....	84
3.5. Normativa aplicable.....	84
Conclusiones .....	89
Recomendaciones .....	90
Bibliografía .....	91
Anexos.....	95

## Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro comparativo de calderas acuatubulares y pirotubulares. ....	21
Tabla 2 Inventario de aplicaciones térmicas en proyectos de ahorro de energía, .....	38
Tabla 3 Caracterización energética de Calderas en PyME, .....	40
Tabla 4 Ahorro Potencial en sustitución de calderas.....	41
Tabla 5. Jerarquización de recursos por procesos de la industria láctea. ....	46
Tabla 6. Diferentes categorías de tratamiento térmico. ....	48
Tabla 7. Algunas temperaturas de tratamiento por producto.....	51
Tabla 8. Cantidad de energía térmica y eléctrica usada por producto elaborado, .....	53
Tabla 9. Impacto del costo de la energía sobre el precio de venta por producto elaborado. ...	54
Tabla 10. Consumo de energía por litro de producto lácteo producido. ....	58
Tabla 11. Balance energético global de una industria láctea,.....	58
Tabla 12. Requerimientos de energía térmica por ciclo de limpieza de equipos. ....	59
Tabla 13. Consumo global de energía por litro de leche procesada por tipo planta lechera, .	60
Tabla 14. Capacidades de calderas estandarizadas para cremerías. ....	68
Tabla 15. Tabla comparativa ventajas y desventajas métodos directo e indirecto, .....	76
Tabla 16 Análisis del Diesel.....	77
Tabla 17. Tabla resumen de análisis de combustión caso estudio,.....	80

## Índice de figuras

Imagen 1. Diagrama de masa y energía en una caldera.....	12
Imagen 2. Diagrama de Sankey de una caldera.....	13
Imagen 3. Clasificación de Combustibles. ....	14
Imagen 4. Modelos de combustión con y sin exceso de aire.....	16
Imagen 5. Rendimiento de combustión vs exceso de aire.....	17
Imagen 6. Caldera Pirotubular de gas.....	19
Imagen 7. Caldera acuatubular. ....	20
Imagen 8. Gráfica impacto del factor de carga en la eficiencia de calderas por combustible. .....	22
Imagen 9. Diagrama para metodología de análisis: propuesta de formato de levantamiento. .....	24
Imagen 10. Propuesta de formato de levantamiento para una caldera en operación.....	35
Imagen 11: Frecuencia de aplicaciones térmicas en PyME. ....	37
Imagen 12: Distribución de calderas censadas en México y su potencial de ahorro, según su antigüedad.....	40
Imagen 13. Usos del vapor en la industria láctea. ....	43
Imagen 14. Consumo de energía térmica por proceso para la elaboración de leche UHT.....	44
Imagen 15. Consumo de energía térmica por proceso de elaboración de queso.....	45
Imagen 16. Tratamiento térmico por bacteria a eliminar en la industria láctea. ....	47
Imagen 17. Impacto del costo de la energía sobre el precio de venta por producto elaborado. .....	54
Imagen 18. Rendimiento energético por proceso térmico en una industria láctea. ....	55
Imagen 19. Requerimiento de energía por tonelada de producto producido.....	56
Imagen 20. Requerimiento energético leche embotellada.....	57
Imagen 21. Requerimiento energético leche en contenedor de un solo sentido.....	57
Imagen 22. Balance energético global de una industria láctea, Prevención de la contaminación en la industria láctea. Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014) .....	59
Imagen 23. Ejemplo de diagrama con usos finales de vapor,.....	65
Imagen 24. Tabla resumen de los requerimientos de vapor de caso estudio,.....	67
Imagen 25. Aplicación de formato de levantamiento de datos caso estudio.....	70
Imagen 26. Errores probables de Medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia, .73	
Imagen 27. Errores probables de Medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia, .75	
Imagen 28. Análisis de gases caso estudio,.....	77
Imagen 29 Pérdidas por radiación dependiendo del tamaño de la caldera, .....	82

## Nomenclatura

AChEE	Agencia Chilena de Eficiencia Energética
AINIA	Instituto Tecnológico Agroalimentario
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
ATPAE	Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética
BANCOLDEX	Banco de Desarrollo Empresarial y Comercio Exterior de Colombia
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BME	Balance de masa y energía
BMyE	Balance de masa y energía
CAR/PL	Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia
CNE	Consejo Nacional de Energía
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía
DOF	Diario Oficial de la Federación
EREN	Ente Regional de la Energía de Castillas y León
ESE	Empresas de Servicio Energético
FI	Facultad de Ingeniería
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
GIZ	Agencia de Cooperación Internacional Alemana
GV	Generador de Vapor
IEI	Ingeniería Energética Integral
MIPyME'S	Micro, Pequeñas y Medianas Empresas
NAFIN	Nacional Financiera
NOM	Norma Oficial Mexicana
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PEEF	Programa de Eficiencia Energética FIDE
PIB	Producto Interno Bruto
PyMES	Pequeña y Mediana Empresa
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SERCOBE	Asociación Nacional de Fabricantes de Bienes de Equipo
UCATEE	Unidad de Capacitación y Asistencia Técnica en Eficiencia Energética
UNAD	Universidad Abierta y a Distancia
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNEP	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

## Resumen

El ahorro y el uso eficiente de la energía juegan actualmente, un papel fundamental en la mayor parte de los sectores económicos del país, ya que se han convertido en un eje estratégico de inversión e implementación para reducir costos y hacer más competitiva a las empresas, comercios e industrias.

Bajo este contexto, una de las tecnologías que actualmente cuenta con mayor potencial de ahorro y uso eficiente de energía en México son las calderas. En este documento, el lector podrá encontrar en primera instancia un marco teórico que contiene conceptos fundamentales sobre las calderas enfocados en la influencia que tienen en su comportamiento energético, temas que servirán, posteriormente, para precisar cuáles de los parámetros técnicos conocidos son imprescindibles a la hora de hacer un levantamiento en campo (mediciones, inspección visual, entrevistas con operadores, recabar información sobre mantenimiento, etc.), para la caracterización energética de una caldera en operación; lo anterior contenido en una propuesta de formato que estará fundamentada, por la revisión, análisis y síntesis de 10 formatos tipo (nacionales e internacionales) enfocados a eficiencia energética, los cuales se presentan y describen.

Posteriormente y con base en este formato se propone una metodología sencilla para la evaluación energética de una caldera en operación, para su aplicación en un sector donde el uso de esta tecnología sea intensivo y las aplicaciones de las medidas de eficiencia energéticas sean de mayor impacto. Derivado de lo anterior, antes de plantear el caso estudio se presentará una breve investigación sobre los principales usos finales del vapor y su impacto en México, destacando a la Industria Láctea como una de las más trascendentales para la promoción del aprovechamiento óptimo de la energía; así como presentando índices relacionados con el consumo energético que pueden servir como referencia para que en México se haga una caracterización similar con base en los proyectos que se vayan implementando a lo largo del tiempo bajo esta metodología.

Finalmente, se darán sugerencias generales de implementación de acciones, indicadores energéticos y normatividad aplicable de manera que pueda ser de ayuda y referencia rápida al momento de planear un diagnóstico energético para esta tecnología.

## Introducción

Desde el punto de vista técnico una de las formas más efectivas para ahorrar y utilizar racionalmente la energía térmica de la quema de combustibles fósiles, es recuperar el calor de desecho<sup>1</sup> de los procesos y de las calderas. Este calor posee un margen suficiente de energía que permite su aprovechamiento en otros procesos, es en ese momento en que el calor residual se transforma en una fuente de energía<sup>2</sup>.

Lo anterior fue evidenciado en el plan piloto de eficiencia energética en sistemas de generación y distribución de vapor desarrollado en 2005 por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE, hoy CONUEE) con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés); el cual no ha tenido el impacto suficiente en el sector industrial<sup>3</sup>.

Ahora, quienes sí han apostado por la eficiencia energética son las cámaras industriales del país, al gestionar condiciones favorables para su sector, así como con la búsqueda de programas que permitan a sus agremiados fortalecer sus procesos operativos, entre otras cosas. Así surgieron mecanismos de asistencia, consultoría y sobre todo de financiamiento para medianas y pequeñas empresas (PyMEs) que aspiran a ser más eficientes y más competitivas<sup>4</sup>.

En México, los programas u organismos para impulsar la eficiencia energética bajo este concepto son pocos, entre ellos el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) cuyo objetivo principal es realizar acciones que permitan inducir y promover el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en industrias, comercios y servicios, micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyMES), municipios, sector residencial y agrícola. Además de que el FIDE presta servicios de asistencia técnica a los consumidores, para mejorar la productividad, contribuir al desarrollo económico, social y a la preservación del medio ambiente.

Procedente de las necesidades del sector energético, el FIDE recientemente ha hecho una apertura en su campo de acción limitado a la energía eléctrica; enfocándose, además, a cualquier tipo de energía incluyendo la energía térmica.

El FIDE actualmente cuenta con pocos documentos de referencia propios para la evaluación técnica y económica adecuada de las diferentes medidas de ahorro en materia de energía térmica, dirigidas a los usuarios de los diferentes sectores, así

---

<sup>1</sup> El calor residual o de desecho se define como el calor rechazado en un proceso y que por su nivel de temperatura se considera de baja entalpía

<sup>2</sup> (Instituto Politécnico Nacional, 2016)

<sup>3</sup> (CNN & Moncada, 2008)

<sup>4</sup> (CNN & Moncada, 2008)

como a los consultores que presentan a FIDE sus propuestas técnicas-económicas para demostrar los ahorros de la implementación de medidas para obtener un financiamiento; documentos como con los que se cuenta actualmente, en medidas de ahorro con tecnologías relacionadas con la energía eléctrica: iluminación, compresores de aire, motores, etc.

En ese sentido es conocido que las calderas son utilizadas ampliamente en la industria en general y podrían ofrecer un importante potencial de ahorro de energía térmica con la consecuente reducción de emisiones si se aplican medidas de eficiencia energética en las industrias medianas que hacen un uso más intensivo de estos sistemas<sup>5</sup>.

Por lo tanto, la idea es enfatizar y difundir los beneficios energéticos que representan las diferentes medidas de eficiencia aplicables que buscan apoyar a este sector. Por ejemplo, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) realizó una estimación del potencial de ahorro de energía al recuperar el calor de los gases de escape de las más de 440 calderas industriales con capacidades de 10 hasta 1000 CC de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Actualmente estos equipos consumen alrededor de 300 millones de metros cúbicos de gas natural año<sup>6</sup>. Si se incrementa la eficiencia térmica de las calderas en 3%, al incluir precalentadores de aire con termosifones, se pueden ahorrar 10 millones de metros cúbicos de gas natural por año, lo que representa un ahorro económico de más de 50 millones de pesos por año y una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 22 600 toneladas por año.<sup>7</sup>

Con base en lo anterior el propósito de este proyecto será proponer un formato que establezca los criterios técnicos mínimos necesarios para hacer la recopilación de información de una caldera en operación para determinar su eficiencia actual y poder evaluar su desempeño energético, lo cual posteriormente permitirá proponer las medidas factibles de ahorro y uso eficiente de energía. La metodología considerada para el desarrollo del estudio tiene como punto de partida la descripción de la información general sobre algunos conceptos que son clave recordar para el desarrollo del tema, posteriormente se realizará una revisión documental nacional e internacional de formatos de levantamiento que permitan determinar cuáles son los parámetros importantes que deberán considerarse para la evaluación integral de las condiciones de operación de la caldera y con base en ello, se realizará la propuesta de formato; seguidamente, y dependiendo de la información que se pudiera recopilar en campo, se pondrá en práctica la aplicación de este formato en un ejemplo tipo con una metodología sencilla para la evaluación energética de una caldera ineficiente y se propondrá que método de análisis conocido es más conveniente utilizar, obteniendo con ello la caracterización energética de la caldera. Esta información se complementará con consejos y buenas prácticas que se deberán llevar a cabo durante la inspección de estos

---

<sup>5</sup> De acuerdo a la CONUEE

<sup>6</sup> (Instituto Politécnico Nacional, 2016)

<sup>7</sup> (Instituto Politécnico Nacional, 2016)

equipos, sugerencias generales de implementación de acciones, indicadores energéticos y normatividad aplicable de manera que pueda ser de ayuda y referencia rápida al momento de planear un diagnóstico energético para esta tecnología.

## Planteamiento del problema y justificación

El FIDE desde hace algún tiempo es una referencia importante en el sector energético, especialmente para la cuestión eléctrica, pero con la reciente apertura del campo de aplicación del Programa de Eficiencia Energética FIDE (PEEF), en el que ahora se financian proyectos que contemplan ahorro de energía en la parte térmica; busca serlo también y estar a la vanguardia en los avances tecnológicos que contribuyan al mismo fin.

La propuesta de este documento radica en que, en la actualidad existen gran variedad de documentos que tratan el tema de calderas; sin embargo, son pocos los que describen a detalle una metodología de medición, parametrización, selección, determinación de la eficiencia, etc.; para establecer una línea base de comparación que sea confiable y se pueda dar el seguimiento adecuado a los beneficios económicos de la implementación de medidas de eficiencia energética. Así pues, este documento pretende ofrecer a usuarios y consultores del FIDE una referencia rápida y asertiva para ello, garantizando lo mejor posible que los ahorros se van a dar sean de manera similar a lo estimado y así garantizar el reembolso del financiamiento.

En la actualidad, varios de los proveedores que se acercan a través de los usuarios (o viceversa) a gestionar financiamientos con FIDE carecen de los elementos o habilidades adecuadas para plantear y realizar una propuesta técnica-económica bien fundamentada teóricamente que estime los beneficios de los ahorros energéticos; a pesar de que, la mayor parte de las veces, son expertos en la práctica para la implementación de las medidas.

Derivado de esta situación y del compromiso permanente del FIDE en ser referencia en cuestiones de ahorro y uso eficiente de la energía, así como en brindar asesoría técnica; se pretende realizar un documento que sea una guía de referencia técnica para cualquier profesional interesado en el tema. También contribuirá a que la revisión y aval de dichas propuestas sea más ágil por parte del FIDE.

## Objetivos:

### Generales:

- Realizar una propuesta de formato para la inspección y levantamiento de información para calderas de baja eficiencia en operación que permita determinar su comportamiento energético actual.
- Realizar una guía metodológica que contenga el procedimiento para la evaluación de una caldera con la información mínima energética que permita establecer los beneficios de la implementación del cambio por una de mayor eficiencia.
- Contar con un formato que sea una herramienta de apoyo en la visita de campo, que no omita algún detalle que pudiera proporcionar información importante sobre el equipo, de manera organizada y con un enfoque práctico.

### Particulares:

- Delimitación del campo de aplicación a una de las industrias que presenta un uso de calderas y vapor intensivo: industria láctea.
- Caracterización energética de la industria láctea con base en referencias internacionales.
- Comprobar si la propuesta es aplicable para un caso particular real de la industria láctea.

## 1. Definición de conceptos claves para el análisis energético de calderas

### 1.1. Definición de Caldera

Es un intercambiador de calor en el que la energía química se aporta generalmente por un proceso de combustión, o también por el calor contenido en un gas, que circula a través de ella a presión constante. En ambos casos, el calor aportado se transmite a un fluido, generalmente agua, que se vaporiza o no (según la temperatura y presión de diseño), y se transporta a un equipo consumidor, en el

que se cede esa energía<sup>8</sup>. El uso más común actualmente radica en generar vapor saturado.

Este calor proporcionado por la caldera viene dado por mecanismos básicos de transmisión de calor: la conducción, se da cuando el calor pasa de una parte a la otra de la pared del hogar, o de los tubos de humos; la convección, cuando los tubos de humos se calientan al contacto con los productos de combustión y, por último, la radiación se produce cuando hay un intercambio de calor de la llama a las paredes del hogar<sup>9</sup>.

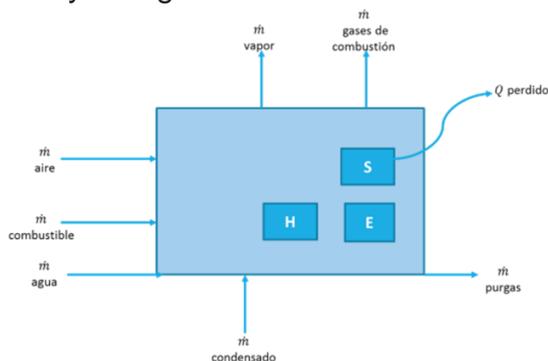
## 1.2. Flujo de Masa y Energía en una Caldera

Para conocer la manera en cómo se comporta térmicamente cualquier sistema es importante conocer como fluye la energía y la materia a través de él, para dichos análisis se emplean herramientas como diagramas de flujo de masa/materia y energía.

Los balances de materia/masa y energía (BMyE ó BME) son una de las herramientas más importantes con las que cuenta la ingeniería de procesos y se utilizan para contabilizar los flujos de materia y energía entre un determinado proceso industrial y los alrededores o entre las distintas operaciones que lo integran<sup>10</sup>, así como visualizar la manera que interactúan entre sí.

El BME permite conocer los caudales másicos de todas las corrientes materiales que intervienen en el proceso, así como las necesidades energéticas del mismo, que en último término se traducirán en los requerimientos de servicios auxiliares, tales como el vapor<sup>11</sup>.

En términos generales, podemos identificar dos diagramas en los cuales se puede identificar el flujo de masa y energía a través de una caldera (Imagen 1 y 2):



**Imagen 1. Diagrama de masa y energía en una caldera.**  
Fuente: Elaboración propia con información de clase: Dr. Rodolfo Herrera

<sup>8</sup> (Escobar, 2012)

<sup>9</sup> (Cleaver Brooks, Selmech S.A. de C.V., 2008)

<sup>10</sup> (Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Química)

<sup>11</sup> (Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Química)

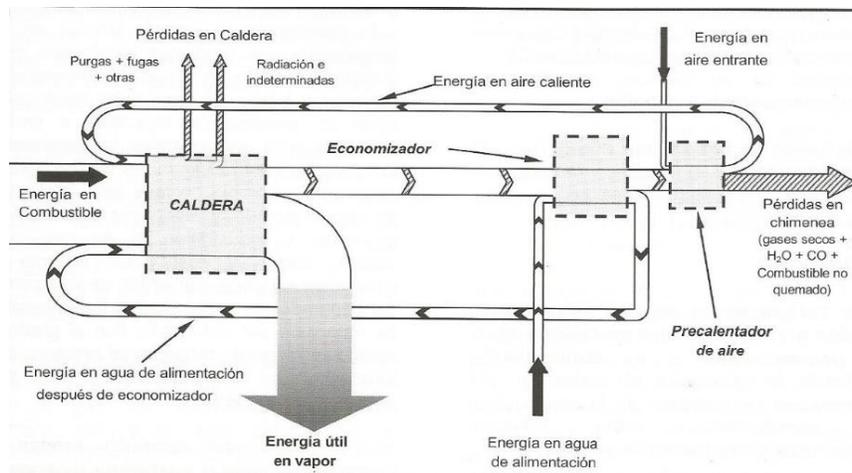


Imagen 2. Diagrama de Sankey de una caldera.  
Fuente: (Plauchú Lima, 2006)

Es de vital importancia comprender la operación conceptual esencial del equipo de generación de vapor, las transformaciones de energía que en él se realizan y la forma en la que fluye la energía hacia los puntos de utilización y pérdida, ya que con ello se podrán identificar de manera clara las oportunidades de mejora en eficiencia y ahorro energético, mediante la reducción de energía no útil.

### 1.3. Proceso de Combustión

La combinación combustión-caldera está profundamente relacionada con la eficiencia de la transmisión de energía del combustible al agua, la cual reside fundamentalmente en función de: la calidad de la combustión y de la capacidad y efectividad de la caldera como intercambiador de calor<sup>12</sup>.

La combustión se define como un conjunto de procesos físico-químicos de oxidación-reducción entre un combustible y comburente (oxígeno) los cuales se efectúan de manera rápida con desprendimiento de luz, calor y productos químicos resultantes. Esta se lleva a cabo en el hogar de la caldera<sup>13</sup>.

Existen tres elementos que se encuentran íntimamente relacionados y hacen posible la combustión<sup>14</sup>:

1. Combustible<sup>15</sup>: sustancia con afinidad para combinarse con el oxígeno (cede electrones)
2. Comburente<sup>16</sup>: presencia de aire (concretamente oxígeno), provocador de la reacción exotérmica.

<sup>12</sup> (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007)

<sup>13</sup> (Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, 2012)

<sup>14</sup> (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007); (Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, 2012)

<sup>15</sup> Ídem

<sup>16</sup> Ídem

3. Fuente de ignición<sup>17</sup>: condición adecuada de temperatura la cual influye en la velocidad de la reacción.

Estos elementos conforman el llamado triángulo de la combustión o de fuego.

### 1.3.1. Combustibles

Una forma sencilla de definir al combustible es como una sustancia o materia que al combinarse con oxígeno es capaz de reaccionar (arder) desprendiendo calor. Sin embargo, no todas las sustancias arden o se queman con facilidad y esta no es la única característica considerada para su selección; se consideran otras cosas, como son: abundancia para comercialización, facilidad de manipulación (riesgos), composición molecular (que minimice impacto ambiental), entre otros<sup>18</sup>.

#### Clasificación

Al igual que en otros conceptos, existen múltiples clasificaciones de combustibles de acuerdo con su origen, grado de preparación, estado de agregación, características químicas, etc. En la Imagen 3 se resumen las clasificaciones más importantes:

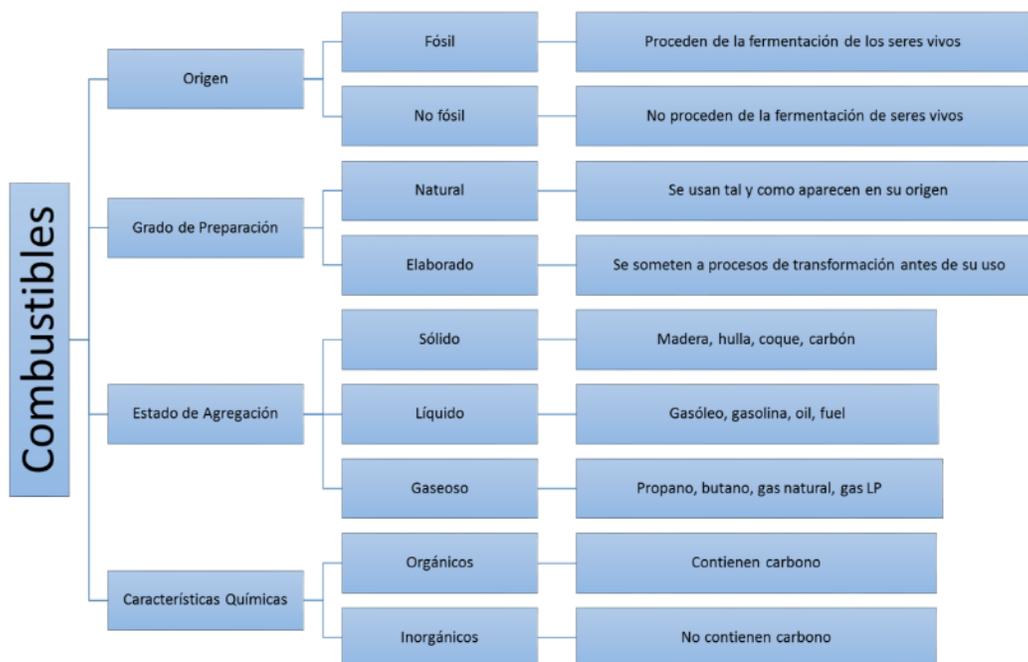


Imagen 3. Clasificación de Combustibles.

Fuente: Elaboración propia con información (Textos Científicos/Energías Alternativas/Tecnologías de Combustibles, 2006) y (Torella, 2014)

<sup>17</sup> Ídem

<sup>18</sup> (Universidad de la República)

### 1.3.2. Aire de combustión y coeficiente de exceso de aire

El aire de combustión proporciona el oxígeno necesario para la misma; el cual, es una mezcla de oxígeno ( $O_2$ ), nitrógeno ( $N_2$ ), bajos volúmenes de gases inertes y una parte variable de vapor de agua<sup>19</sup>.

A efectos de cálculo de los procesos de combustión, es suficiente considerar que la composición del aire seco es, en volumen, de un 20.95% de oxígeno y un 79.05% de inertes (nitrógeno, argón, etc.) y expresado en peso, de un 23.15% de oxígeno y un 76.85% de inertes<sup>20</sup>.

Con esta relación, por cada unidad de oxígeno que se suministre a la combustión se necesitarán:  $100/20.95 = 4.77$  unidades de aire en volumen, o  $100/23.15 = 4.32$  unidades de aire en peso.<sup>21</sup>

La necesidad mínima de oxígeno para la combustión completa (ideal) de las partes inflamables depende de la composición del combustible. La cantidad exacta de aire que hace falta para conseguir una combustión completa se denomina aire estequiométrico.<sup>22</sup>

Para una combustión ideal la cantidad de oxígeno suministrado es suficiente para quemar totalmente el combustible presente; no hay exceso de oxígeno ni de combustible<sup>23</sup>.

Sin embargo, en la práctica, esta cantidad ideal (mínima) de oxígeno no es suficiente para una combustión completa debido a la mezcla incompleta del combustible y el oxígeno, entre otras cosas, y se debe aportar más oxígeno y por consiguiente más aire de combustión de lo que es estequiométricamente necesario. Esta cantidad adicional de aire se conoce como "exceso de aire", la proporción entre la cantidad de aire real y la estequiométricamente necesaria se conoce como coeficiente de exceso de aire ( $\lambda$ )<sup>24</sup>.

De manera ilustrativa y para su mejor comprensión, a continuación (Imagen 4) se presentan ambos modelos (combustión ideal y combustión con exceso de aire):

---

<sup>19</sup> (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007), (Testo Argentina SA, 2016)

<sup>20</sup> Ídem

<sup>21</sup> Ídem

<sup>22</sup> (Testo Argentina SA, 2016)

<sup>23</sup> (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007), (Testo Argentina SA, 2016)

<sup>24</sup> Ídem

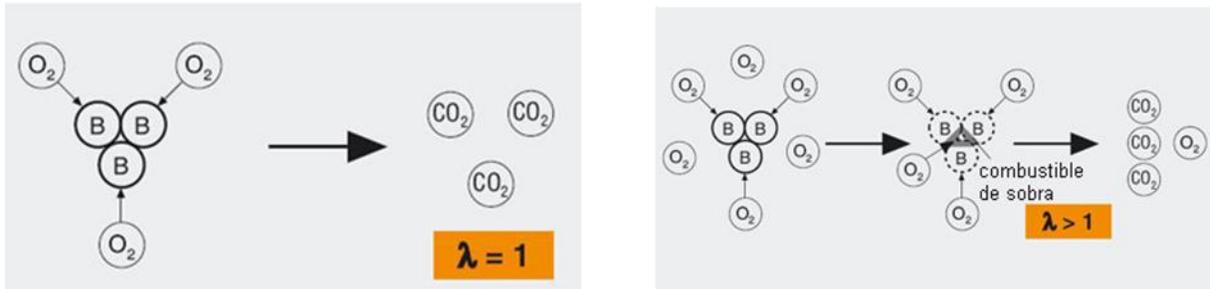


Imagen 4. Modelos de combustión con y sin exceso de aire.  
Fuente: (Testo Argentina SA, 2016)

Se entiende como combustión incompleta aquella en que algún componente del combustible no ha llegado al grado de oxidación máximo y no se obtiene la totalidad del poder calorífico disponible en el combustible. Estos productos que no alcanzan el grado máximo de combustión se denominan inquemados<sup>25</sup>.

Derivado de lo anterior resulta necesario proporcionar un exceso de aire al combustible para aumentar la posibilidad de que reaccione rápido y totalmente dentro de la cámara de combustión antes de que alcance zonas más frías de la caldera donde no se completaría la combustión. El aire estequiométrico, más el exceso de aire, se denomina aire total, o aire real, de la combustión<sup>26</sup>.

El coeficiente de exceso de aire es la relación existente entre el aire realmente usado en una combustión (real) y el aire teórico correspondiente al combustible (estequiométrico)<sup>27</sup>.

$$\lambda = \frac{\text{aire real}}{\text{aire teórico}} > 1$$

La necesidad de aportar exceso de aire a la combustión significa que parte del oxígeno introducido no encontrará carbono u otros elementos para reaccionar y abandonará la caldera junto con los gases de la combustión. La cantidad de oxígeno contenido en los gases de la combustión es un indicador de la cantidad de exceso de aire empleado<sup>28</sup>.

### 1.3.3. Rendimiento de la combustión

El rendimiento de la combustión máximo en cada caldera tiene un punto óptimo de exceso de aire u oxígeno mínimo (atmósfera oxidante)<sup>29</sup>. Es decir, cualquier variación afectaría de la siguiente forma:

<sup>25</sup> Ídem

<sup>26</sup> (Testo Argentina SA, 2016)

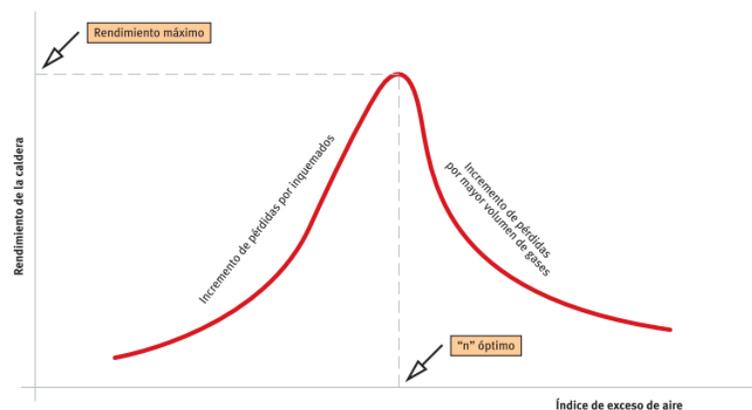
<sup>27</sup> (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007)

<sup>28</sup> Ídem

<sup>29</sup> (Testo Argentina SA, 2016)

- Si a partir de ese punto se reduce el exceso de aire, el rendimiento de la combustión será menor al no lograr oxidarse totalmente los componentes del combustible, originando inquemados como el monóxido de carbono (CO), incrementando el impacto medioambiental nocivo de los residuos<sup>30</sup>.
- Si aumentamos el exceso de aire por encima de su valor óptimo, el rendimiento también disminuirá, ya que una parte del calor liberado en la combustión se destinará a calentar la mayor cantidad de aire introducido y desalojado al exterior por el conducto de evacuación o la chimenea, se reducirá además la temperatura de combustión<sup>31</sup>.

Estas repercusiones se podrían ver de manera gráfica en la imagen 5.



**Imagen 5. Rendimiento de combustión vs exceso de aire.**  
Fuente: (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007)

Finalmente, se puede resumir que el exceso de aire no es función de la composición molecular del combustible, sino de la caldera (que define el espacio disponible para que se desarrolle la reacción de combustión), del quemador (que define la íntima mezcla combustible/comburente y el tiempo de permanencia, por desplazamiento, de la combustión en la caldera) e, incluso, de las condiciones ambientales y de temperatura de alimentación del combustible<sup>32</sup>.

Por todo ello, un mismo combustible tendrá valores de índice de exceso de aire distinto en distintas calderas, lo que hace que no se pueda establecer "a priori" un ajuste original del comburente y universalizar este valor para cada combustible. Ello justifica y obliga a que desde un punto de vista de la eficiencia energética se haga necesario analizar la composición de los gases y ajustar cada instalación a sus condiciones particulares<sup>33</sup>.

<sup>30</sup> Ídem

<sup>31</sup> Ídem

<sup>32</sup> (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007)

<sup>33</sup> Ídem

## 1.4. Clasificación de Calderas

La clasificación más importante que se considerará para este trabajo, es la que se realiza según por donde discurren los humos de combustión y por dónde lo haga el agua; por lo que, las calderas se clasifican en:

### 1.4.1. Pirotubulares o de Tubos de Humo

Según sea el combustible, carbón o un combustible líquido o gaseoso la forma de los hogares varían, pero, en ambos tipos, los gases de combustión son obligados a pasar por el interior de unos tubos que se encuentran sumergidos en el interior de una masa de agua<sup>34</sup>.

Todo el conjunto, agua y tubos de gases, se encuentra rodeado por una carcasa exterior similar a un cilindro cerrado por ambos extremos.

Los gases calientes al circular por los tubos ceden el calor sensible, el cual se transmite a través del tubo pasando al agua, que se calienta, al mismo tiempo que la parte del agua más próxima a los tubos se vaporiza<sup>35</sup>.

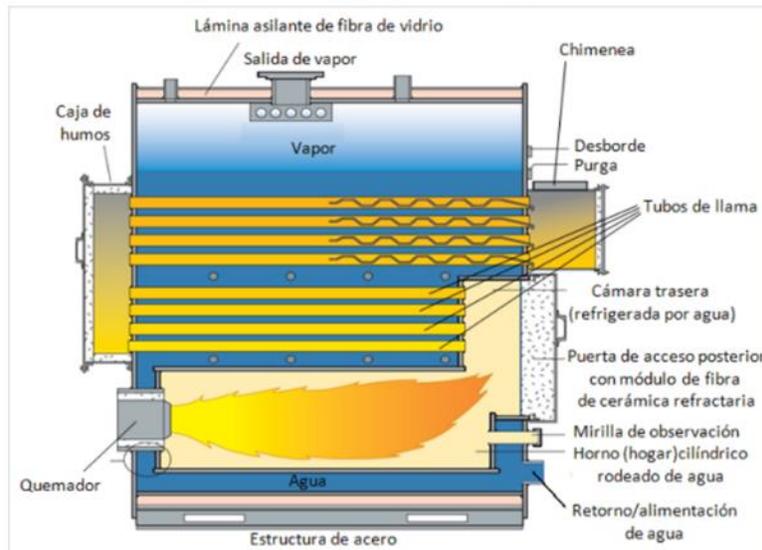
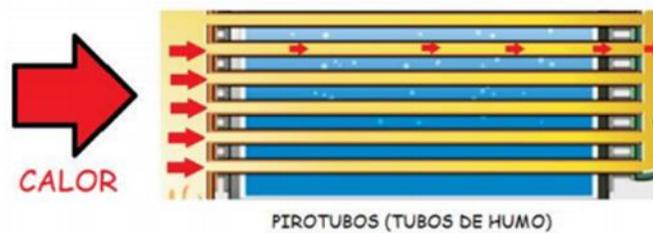
La presión de trabajo no excede de 29 kg/cm<sup>2</sup> y la máxima producción de vapor suele ser del orden de 25 t/h<sup>36</sup>.

---

<sup>34</sup> (Escobar, 2012)

<sup>35</sup> (Escobar, 2012)

<sup>36</sup> Ídem



**Imagen 6. Caldera Pirotubular de gas.**  
Fuente: (Coakley, y otros, 2010), (Godos Fonseca, 2011)

Este tipo de calderas es el de mayor utilización en la industria nacional ya que las necesidades energéticas de la gran mayoría de usuarios se ubican en el rango de capacidades y condiciones de servicio en que se fabrican.

#### 1.4.2. Acuatubulares o de Tubos de Agua

El uso de calderas acuatubulares en la industria se limita a presiones inferiores a  $64 \text{ kg/cm}^2$  y temperaturas inferiores a  $450^\circ\text{C}$  y son empleadas con menor frecuencia que las pirotubulares. Su mayor frecuencia de uso es en aplicaciones de generación de energía.<sup>37</sup>

La diferencia principal entre este tipo de calderas y las pirotubulares es el modo en que circulan los fluidos por el interior. En el caso de las acuatubulares, es el agua o la mezcla agua-vapor la que circula por el interior de los tubos, los tubos son calentados exteriormente por los gases calientes de la combustión y por la llama; circulando los gases entre éstos y la carcasa exterior. En las calderas pirotubulares ocurre al contrario<sup>38</sup>.

<sup>37</sup> (Escobar, 2012)

<sup>38</sup> Ídem

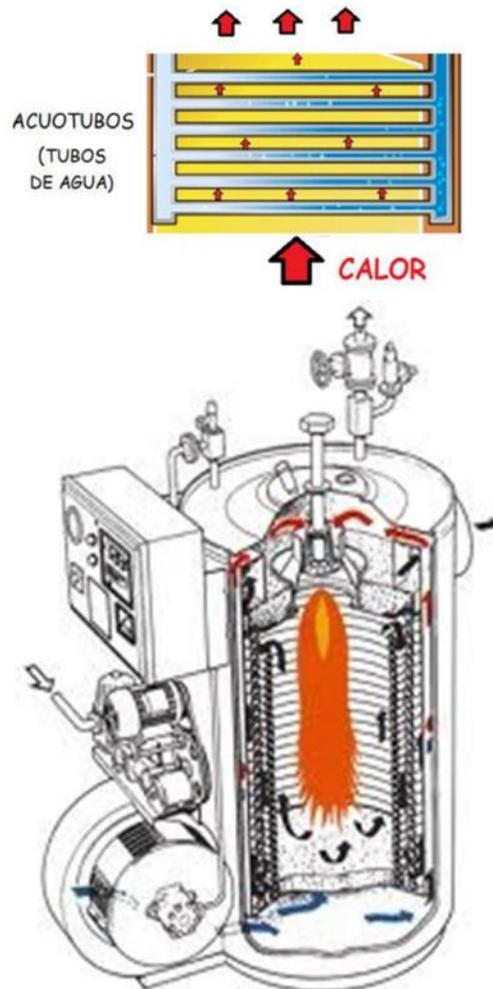


Imagen 7. Caldera acuotubular.  
Fuente: (Mesa Mora, 2013), (Godos Fonseca, 2011)

### 1.4.3. Comparativo de Calderas Acuotubulares y Piro-tubulares

Con la finalidad de presentar la información considerada de mayor importancia para diferenciar técnicamente un tipo de tecnología de la otra se presenta la tabla 1. En la cual podemos observar las principales diferencias entre ellas, resaltando que el rendimiento de las acuotubulares que llega a ser hasta 5% más eficientes que las piro-tubulares. Otra de las diferencias que resalta al momento de elección ante una aplicación específica es el rango de operación a las que trabajan y el tipo de vapor que entregan; en el caso de las piro-tubulares se manejan presiones bajas y altas con producción de vapor saturado mientras que las acuotubulares manejan presiones altas y críticas; así como vapor además de saturado, sobrecalentado. Pasa algo similar cuando se comparan las temperaturas de operación y las

capacidades de evaporación, siendo ambas mayores las que manejan las acuatubulares.

En cuanto a las ventajas y desventajas operativas, de instalación, mantenimiento, inversión, operación, etc., será importante valorar siempre las necesidades particulares del usuario; sin embargo se resume la información que se considera importante para la toma de decisión en ese sentido.

PARÁMETRO	PIROTUBULARES / IGNEOTUBULARES		ACUOTUBULARES	
			HOGAR INTEGRAL PEQUEÑAS	HOGAR INTEGRAL GRANDES
RENDIMIENTO	de 79% HASTA 85%		de 80% HASTA 90%	
TIPO DE VAPOR	SATURADO		SATURADO	SOBRECALENTADO
PRESIONES	BAJO	ALTO	ALTO	CRÍTICAS
	DESDE 1.05 O MENOS HASTA 10.5 KG/CM2	HASTA 22 KG/CM2	HASTA 30 KG/CM2	HASTA 130 KG/CM2
CAPACIDAD DE EVAPORACION	28 TON/HR / 1800 CC		HASTA 30 TON/HR	HASTA 200 TON/H
TEMPERATURA	103 °C	350 °c	400 ° C	500 ° C
VENTAJAS	SOPORTA FLUCTUACIONES TRANSITORIAS DE CARGA / DEMANDA BRUSCAS DEBIDO A LA MAYOR CANTIDAD DE AGUA, SOLO CON LIGERAS VARIACIONES DE PRESIÓN DEBIDO A LO MISMO		RÁPIDA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEBIDO AL PEQUEÑO VOLUMEN DE AGUA	
	BAJO COSTO INICIAL		POCO ESPACIO EN CAPACIDADES PEQUEÑAS	
	BAJO COSTO DE MANTENIMIENTO: INSPECCIÓN, REPARACIÓN Y LIMPIEZA		TRASLADO DE CALDERA A OTRA INSTALACIÓN	
	SIMPLICIDAD DE INSTALACIÓN		CUANDO SE REQUIERE MAYOR PRESIÓN DE VAPOR	
	INCRUSTACIONES SON MÁS FACILES DE ATACAR Y ELIMINAR POR PURGAS		MENOR PESO POR UNIDAD DE POTENCIA GENERADA	
	ALMACENA GRAN CANTIDAD DE AGUA		MAYOR SEGURIDAD PARA ALTAS PRESIONES	
	PRODUCE GRAN CANTIDAD DE VAPOR		INEXPLOSIVAS	
	PRODUCCIÓN ESTANDARIZADA		MAYOR EFICIENCIA	
DESVENTAJAS	RESTRICCIONES EN TAMAÑO, CAPACIDAD (MAYOR PESO Y TAMAÑO RESPECTO ACUOTUBULARES) Y CONDICIONES DE OPERACIÓN		COSTO INICIAL SUPERIOR	
	GRAN PELIGRO EN CASO DE EXPLOSIÓN O RUPTURA DEBIDO A GRAN VOLUMEN DE AGUA ALMACENADO		MUCHA EXIGENCIA EN PUREZA DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN, INCRUSTACIONES EN INTERIOR DE TUBOS INACCESIBLES Y PROVOCAN ROTURAS	
	INCRUSTACIONES		DEBIDO A PEQUEÑO VOLUMEN DE AGUA LE ES MÁS FÁCIL AJUSTARSE A VARIACIONES EN EL CONSUMO DE VAPOR, HACIÉNDOLAS FUNCIONAR A MAYOR PRESIÓN	
	CAPACIDAD DE RESPUESTA INFERIOR DEBIDO A GRAN VOLUMEN DE AGUA		MANTENIMIENTO COSTOSO Y DIFÍCIL POR LO INCÓMODO DEL ACCESO A LA ZONA DE CONVECCIÓN	
	MAYOR TIEMPO PARA SUBIR PRESIÓN Y ENTRAR EN FUNCIONAMIENTO (ARRANQUE EN FRÍO)		COEFICIENTE DE EVAPORACIÓN ESTA LIMITADO POR LA CIRCULACIÓN INTERNA	
	NO SON EMPLEADAS PARA ALTAS PRESIONES		SUSCEPTIBLE A LAS FLUCTUACIONES DE CARGA Y PRESIONES	
	POSIBILIDAD DE SOBRECALENTAMIENTO LIMITADA		NECESIDADES DE ESPACIO ELEVADAS PARA CAPACIDADES MAYORES	
	NO SE USAN PARA EL ACCIONAMIENTO DE TURBINAS		* de 2 ton/hr hasta 3500 ton/hr en general	
	OPERACIÓN CRÍTICA CON SOBRECARGA DEL 40%			
	EL TAMAÑO DEL HOGAR NO PUEDE SER AMPLIADO			
CON EL AUMENTO DE DEMANDA DE VAPOR LA TEMPERATURA DE LOS GASES SE ELEVA RÁPIDAMENTE				

Tabla 1. Cuadro comparativo de calderas acuatubulares y pirotubulares.

Fuente: Elaboración propia con información de (Escobar, 2012) (Tirado, 2011) (Godos Fonseca, 2011)

### 1.5. Influencia del Factor de carga en la eficiencia de una caldera.

De acuerdo a lo que menciona Plauchú en su libro<sup>39</sup>, el diseño de una caldera, además de la forma y las condiciones en que es operada, así como sus características propias, influyen directamente en su desempeño, ocasionando en varias ocasiones un desempeño poco óptimo, mayor gasto de operación y la depreciación acelerada de su vida útil (Imagen 8)<sup>40</sup>.

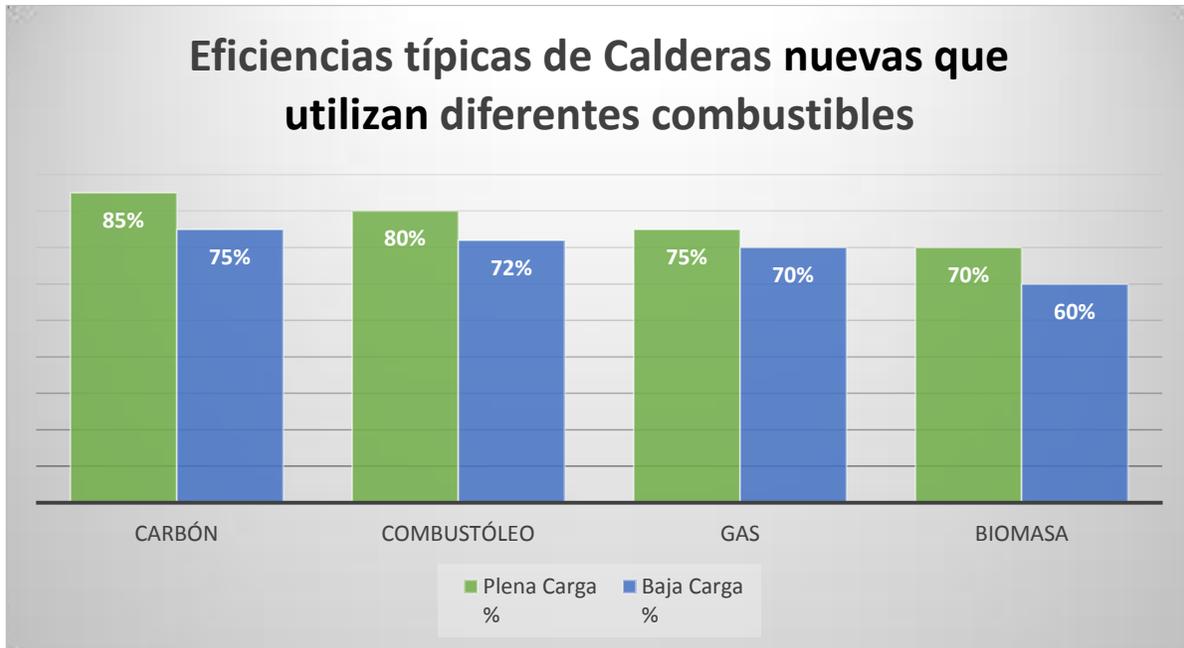


Imagen 8. Gráfica impacto del factor de carga en la eficiencia de calderas por combustible.  
Fuente: Elaboración propia con información de (Plauchú Lima, 2006)

Los puntos básicos a considerar para mantener las condiciones de operación lo más óptimamente cercanas a las de diseño y en medida que lo permita su operación para garantizar que su desempeño sea el mejor posible a lo largo de su vida útil, son<sup>41</sup>:

- a) Definir el aporte de energía teniendo presente:
  - Los requisitos de los flujos de vapor,
  - La temperatura del agua de alimentación del ciclo, y
  - La eficiencia térmica supuesta de la caldera.

<sup>39</sup> (Plauchú Lima, 2006)

<sup>40</sup> (Plauchú Lima, 2006)

<sup>41</sup> (Redsauce, 2016)

- b) Evaluar la absorción de energía que se necesita en la caldera y en los demás componentes de intercambio térmico.
- c) Realizar los cálculos de combustión para establecer los flujos de combustible, aire y gases.
- d) Determinar la forma y el tamaño del hogar, teniendo en cuenta la ubicación y necesidades de espacio de los quemadores y sistemas de combustión, incorporando el volumen de hogar suficiente para lograr la combustión completa y bajas emisiones. Hay que prever medios para manipular la ceniza contenida en el combustible y para enfriar los gases, de forma que la temperatura de humos a la salida del hogar satisfaga los requisitos de diseño.
- e) Determinar la situación y configuración de las superficies de calentamiento por convección. El sobrecalentador y el recalentador se ubican donde la temperatura de los gases sea lo suficientemente alta que permita producir una transferencia de calor efectiva, pero no tanto como para que se puedan producir temperaturas excesivas en los tubos o ensuciamientos por ceniza. Las superficies de convección se diseñan para minimizar el impacto debido a la acumulación de ceniza y para permitir la limpieza de superficies sin erosión de las partes a presión.
- f) Instalar la suficiente superficie de caldera que permita generar el resto de vapor que no se produzca en las paredes del hogar, lo que se debe cumplimentar con o sin economizador.
- g) Instalar un cerramiento de caldera estanco a gases, alrededor del hogar, caldera, sobrecalentador, recalentador y economizador.
- h) Diseñar los soportes de las diferentes partes a presión y del cerramiento, para hacer frente a la expansión y a las condiciones locales, incluyendo cargas debidas al viento y a terremotos.

## **2. Propuesta metodológica del levantamiento de información de una caldera en operación.**

Como se ha mencionado anteriormente, existe información variada sobre el tema de calderas, dicha información se enfoca en su mayor parte a conceptos generales, clasificaciones, composición, etc.; muy poca de esa información tiene un enfoque dirigido hacia la eficiencia energética y sobre todo a la aplicación de los conceptos fundamentales en diagnósticos energéticos de esta tecnología de manera que puedan ser una herramienta para recabar información necesaria e imprescindible para conocer la situación actual de su operación.

Partiendo de esta idea y una vez que se han recordado los principales conceptos técnicos involucrados en la eficiencia energética de las calderas, al final de este capítulo se propondrá un formato de levantamiento de datos para la determinación de la línea energética base, para una caldera en operación el cual comprenderá los parámetros técnicos que se deberán medir, registrar de las placas o etiquetas del

equipo, consideraciones del sitio, aspectos importantes que se deberán considerar durante la inspección, información adicional que se deberá recabar con el personal de operación y mantenimiento de la planta, entre otros; que son parte de la información que es imprescindible esté contenida en un formato que permita, a quien realice el correspondiente análisis, tener a la mano los datos necesarios para tomar las consideraciones apropiadas conforme a lo que se requiere determinar, así como para el procesamiento e interpretación de los resultados.

El formato aquí presentado también tiene la intención de ser claro, ordenado, intuitivo y compacto; de manera que sea una herramienta que permita agilizar el tiempo de visita, enfocar los puntos clave de la misma, evitar repetir visitas por omisión en los registros o falta de información y también reflejar como consultor su profesionalismo con el cliente.

## 2.1. Metodología de análisis

Para poder hacer una propuesta formal para el levantamiento y registro de información para calderas en operación se planteó la siguiente secuencia de acciones indicada en la imagen 9, después de analizar la información técnica necesaria para establecer los parámetros de revisión prioritaria para la evaluación de calderas:

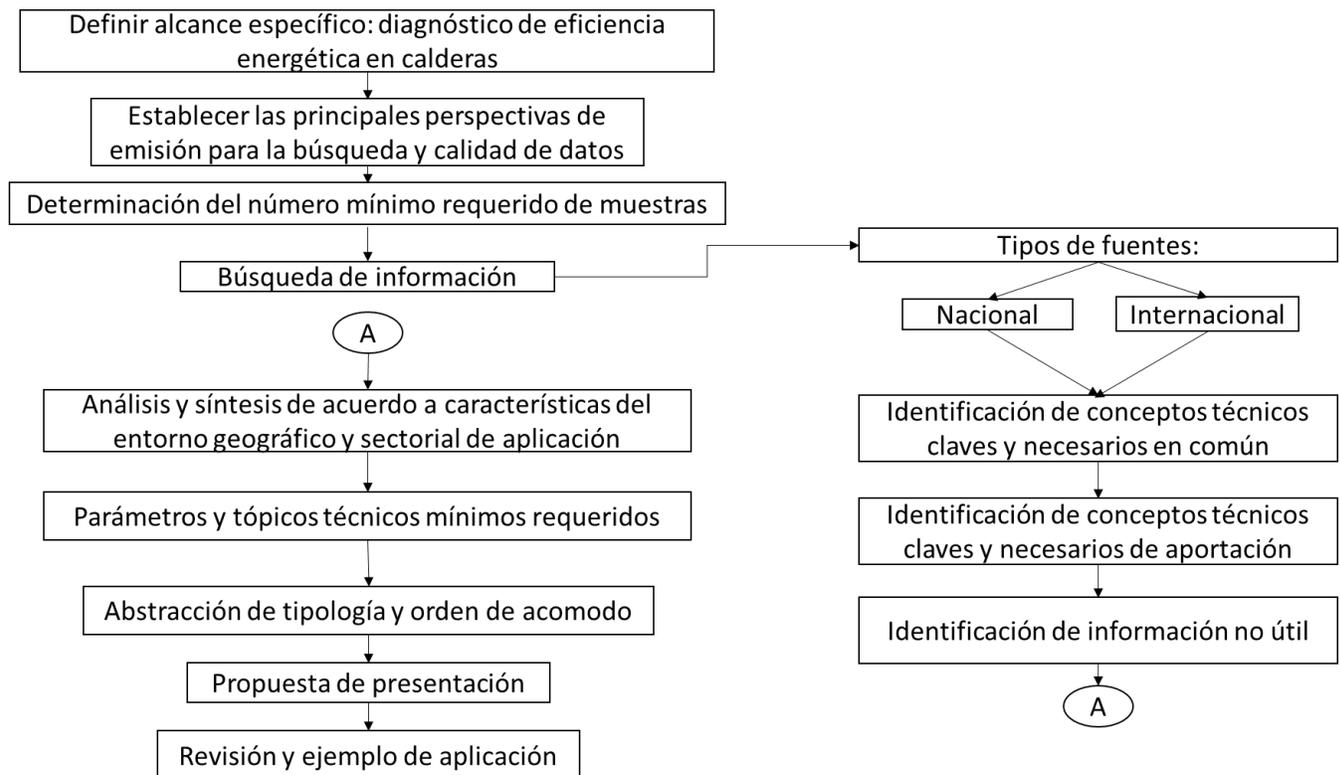


Imagen 9. Diagrama para metodología de análisis: propuesta de formato de levantamiento.  
Fuente: Elaboración propia

El primer paso consiste en definir el alcance específico; además de que, de este dependerá directamente que las búsquedas sean útiles o no; posteriormente se determinó las fuentes de información requeridas con enfoques diferentes sobre el mismo tema, por lo que se buscó información de fabricantes, académicos, asociaciones, gobierno, entre otros. Como siguiente paso se estableció el número mínimo documentos de referencia que deberían analizarse para validar esta metodología; procediendo después a realizar una búsqueda exhaustiva de formatos relacionados con el tema y con las características previamente establecidas. Se consideró una muestra de 10 cuestionarios tipo de diferentes países incluyendo México, los cuales se detallaran más adelante. Es importante destacar que se buscó incluir cuestionarios tipo con compilación diversa, con la intención de tener un panorama más amplio en relación con países que cuentan con mayor desarrollo tecnológico que México y así obtener mayor información; también se consideró por lo menos uno nacional, de tal manera que se tuviera un enfoque que representara las condiciones particulares de la recopilación de datos del país y que permita con ello, establecer una comparación y análisis más completos.

Una vez que se tuvieron las metodologías a analizar, se identificaron los parámetros técnicos requeridos: los que tenían en común las fuentes entre sí, además de los que aportaban cosas diferentes y útiles, los que no tenían nada que ver con la aplicación requerida, etc.; de manera tal, que con estos elementos identificados pudiese realizar un análisis y síntesis de información aplicable a las condiciones particulares de México y su industria, estructurando cada uno de estos conceptos en un formato que permita, al lector en general, registrar la información en bloques dependiendo de su origen (placa de datos, mediciones, características de operación, características de instalación, etc.) con la finalidad de que sea ágil su llenado.

Cabe destacar que el análisis realizado no solo incluye datos técnicos, también información adicional de tipo ambiental, comercial, de operación, mantenimiento, etc.; que se consideran importantes al momento de inspeccionar este tipo de tecnología en campo..

## 2.2.Revisión Bibliográfica

1. “Programa Bancóldex de Eficiencia Energética para Hoteles, Clínicas y Hospitales”<sup>42</sup>, desarrollada por el Banco de Desarrollo Empresarial y Comercio Exterior de Colombia (BANCOLDEX), en 2016.

Esta encuesta está enfocada completamente a la eficiencia energética; de manera muy breve presenta los aspectos básicos a considerar en el planteamiento,

---

<sup>42</sup> La información descrita se tomó de (BANCOLDEX, SA), y está disponible el Anexo 1

evaluación y validación de resultados de la implementación de medidas de eficiencia energética; se divide de manera global en 6 partes principales:

1. Línea Base Energética
2. Ahorro Energético
3. Sistema de Monitoreo
4. Gestión de Residuos
5. Propuesta Económica y cronograma de actividades
6. Validación de la propuesta técnico-económica

Lo que comprende la primera parte, básicamente es información del uso de combustible y uso del vapor, datos generales del equipo existente, datos de operación del equipo actual, datos generales del equipo propuesto, línea base energética existente, línea base energética proyectada, escenario energético esperado.

La segunda parte comprende los resultados esperados en términos del ahorro energético y un resumen de los mismos.

La tercera, se enfoca a las variables importantes a monitorear, su valor de referencia, la frecuencia de monitoreo, etc.

En el siguiente apartado se identifican el tipo de residuos generados, su clasificación y el tipo de tratamiento que se les dará para deshacerse de ellos.

Posteriormente, se solicitan los datos de económicos que implican la implementación de la medida: equipos, ingeniería, diagnóstico, operación, mantenimiento, entre otros; la rentabilidad del proyecto de acuerdo a los ahorros estimados, así como los costos de los energéticos. Asimismo se incorpora un cronograma muy general de las etapas del proceso desde el diagnóstico energético hasta la finalización del proyecto con la implementación de las medidas, con fechas probables de ejecución y responsables; así como la aprobación y declaración de veracidad de los datos por parte del usuario y el proveedor.

Finalmente el último apartado lo dedica a los criterios establecidos para la validación del contenido del formato por BANCOLDEX, con el fin de emitir un dictamen final.

2. “Análisis del mercado oferta/demanda en relación con el equipamiento necesario para la implantación de la eficiencia energética en la industria y los servicios”<sup>43</sup> Elaborado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Bienes de Equipos (SERCOBE) en 2011.

---

<sup>43</sup> La información descrita se tomó de (Observatorio Industrial del Sector de Bienes de Equipo, 2011), y está disponible el Anexo 1

Este estudio tiene como objetivo identificar los huecos del mercado oferta/demanda en relación con el equipamiento para la implantación de la eficiencia energética en la industria y los servicios, fue realizado en tres fases: análisis documental, encuestas de participación de agentes implicados y elaboración de estudios de mercado. La parte que se presenta para análisis es la encuesta de participación.

Como en el caso anterior se compone de 6 partes principales: perfil de la empresa, productos, sectores relacionados, datos de mercado, eficiencia energética del sector, empresas de servicios energéticos.

En la primera parte, pretende describir la empresa con preguntas relacionadas a: generalidades de la empresa, proporciones de consumos de energía, usos finales del vapor o como producto del uso de calderas, sistemas de gestión implantados, apoyos para la implementación de medidas, etc.

En el segundo apartado: producto, el estudio se enfoca a la caracterización de la tecnología, equipos auxiliares, capacidad de carga, oportunidades de mejora relacionadas. Posteriormente, en la parte de sectores relacionados, se realizan cuestionamientos relacionados con clientes, proveedores, competidores y administración pública.

En la parte número cuatro se cuestiona sobre el mercado de la empresa (amenazas, oportunidades), demanda posible de producto y tecnología. En la quinta parte, se habla sobre la perspectiva que tiene la empresa en cuanto a la eficiencia de sus procesos, calderas, productos, adquisiciones, normatividad y actuaciones de la administración pública. Finalmente en la última parte, que es la más breve hace referencia a la relación con empresas de servicio energético (ESE), conocimiento de actividad, relación y proyectos.

Cabe mencionar que lo que distingue a este estudio en la parte energética radica en que los tópicos van dirigidos hacia la opinión o el punto de vista del usuario, lo que también habla de la percepción del usuario hacia su empresa.

3. “Inventario y caracterización de calderas en El Salvador”<sup>44</sup>. Estudio elaborado por el Consejo Nacional de Energía (CNE). Gobierno de El Salvador en el año de 2014.

El documento originalmente tiene el objetivo de elaborar un inventario de las calderas en uso de El Salvador, caracterizar estos equipos, conocer el combustible que utilizan y el sector al que pertenecen, con el fin de trazar planes a futuro, de manera que contribuyan a detallar el balance energético nacional. Además de contener información general y técnica de las calderas, también proporciona dos formatos de recopilación de información sobre las mismas en donde se hace una

---

<sup>44</sup> La información descrita se tomó de (CNE, Gobierno de El Salvador, 2014), y está disponible el Anexo 1

primera distinción por la antigüedad de los equipos, instancia que ninguno de los otros formatos analizados considera.

En dichos formatos se distinguen 5 apartados breves: datos de la instalación, datos del generador de vapor (GV) (opción a 2 equipos), rendimiento del GV (análisis de gases, índice de bacharach, rendimiento), aislamiento de tuberías, mantenimiento y datos de inspección (estos últimos cuatro, con evaluación del cumplimiento).

Otro de los datos de registro que aporta y es único dentro de la bibliografía revisada es el índice de bacharach que está relacionado con la opacidad o nivel de oscuridad con el que salen los humos de la combustión.

El formato de calderas para mayor antigüedad, recopila parte de la información de otro formato; sin embargo incorpora registros de información adicional, como por ejemplo: existencia o no de placa de equipo, ratio anual de energía consumida por superficie calentada, cálculo del rendimiento de la caldera diferente, regulación y control, agregando además a la parte de mantenimiento la verificación de los certificados de revisión anual de manera individual.

4. “Tesis: Desarrollo de herramienta de cálculo para la eficiencia de las calderas generadoras de vapor”<sup>45</sup>. Elaborada en la Universidad Rafael Urdaneta , Autor: Br. Errol Rincón y dirigida por Oscar Urdaneta, en el año de 2013.

El documento ofrece información muy completa y concreta sobre las calderas, para la implementación de una herramienta de cálculo de apoyo. Entre la información se presenta una metodología para la recolección de variables en campo como base de los cálculos necesarios y formatos de registro que se presentan como referencia comparativa.

Se consideran los siguientes conceptos a medir:

- Parámetros para humedad del aire,
- Parámetros en gases de combustión,
- Superficies y temperaturas de caldera (zona radiante),
- Flujo, presión y temperatura del agua de alimentación,
- Variables asociadas al gas combustible, y,
- Parámetros de la planta (flujo, temperatura y presión de agua y vapor).

La primera diferencia con el resto de los formatos presentados está en que pide un número de muestras específico (10), lo anterior para garantizar la confiabilidad del resultado y reducir errores por medición; además considera como parte del registro los parámetros de la zona radiante, junto con otra estudio más, que se presenta

---

<sup>45</sup> La información descrita se tomó de (Rincón & Urdaneta, 2013) y está disponible el Anexo 1

más adelante, son los únicos documentos que consideran como parte del registro de datos la humedad relativa del sitio de instalación.

5. “Lista de Chequeo del Registro de Caldera”<sup>46</sup>. Desarrollada por la Universidad de Desarrollo Tecnológico, Universidad de Concepción, Chile, en el año de 2012.

El formato que es más sencillo y breve comparado con los analizados en ésta tesina; hace referencia al registro de calderas que se debe llevar a cabo localmente y comprende datos de nombre y ubicación de la empresa, características técnicas y de placa del equipo, tipo de combustible, condiciones de operación, etc.

A pesar de ser muy básico, solicita la información mínima que el usuario debe tener de primera mano para la descripción de los equipos.

6. “Recomendaciones en el llenado de formatos (Ámbito Industrial, Pesquero y Acuícola)”<sup>47</sup> y “Cuestionario Energético Ambiental de Calderas (industriales sector pesquero)”<sup>48</sup>. Elaborados por: Universidad Nacional de Ingeniería. Ministerio de Producción, Dirección General de Sostenibilidad Pesquera, Perú; sin información del año de emisión.

El cuestionario se divide de manera general en 4 partes: información de las calderas actualmente en operación, mantenimiento de calderas, preservación de la caldera y equipos auxiliares e innovación tecnológica en calderas.

A diferencia de lo analizado hasta aquí, éste cuestionario resalta la importancia que se le da al mantenimiento y preservación tanto de las calderas como de los equipos auxiliares, así como a la innovación tecnológica.

En relación con los datos propios del equipo, se pueden observar varias coincidencias con formatos anteriores y preguntas específicas sobre la operación específica en las plantas pesqueras, sin embargo varios de esos detalles coinciden para otras aplicaciones como la láctea.

En la segunda parte del cuestionario se recopila información sobre la frecuencia y tipos de mantenimientos, los chequeos y a que equipos que se deben realizar que tiene que ver con lavados químicos, tratamientos de agua, pruebas, etc. En la tercera parte se cuestiona sobre los controles, estado real y físico de aditamentos, tuberías y válvulas. Finalmente en la última parte se hace énfasis en reconocer la importancia de la automatización de algunos componentes para la mejora de la

---

<sup>46</sup> La información descrita se tomó de (Unidad de Desarrollo Tecnológico, Universidad de Concepción, 2012) y está disponible el Anexo 1

<sup>47</sup> La información descrita se tomó de (Universidad Nacional de Ingeniería, -) y está disponible en el Anexo 1

<sup>48</sup> La información descrita se tomó de (Universidad Nacional de Ingeniería, -) y está disponible en el Anexo 1

eficiencia global, instrumentación adecuada para monitoreo y control de las principales variables relacionadas con la eficiencia.

7. “Curso de Oportunidades en el uso de Óptimo del Vapor Industrial”<sup>49</sup>. Llevado a cabo por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (ATPAE), en 2004.

Este documento proporciona un resumen general pero muy completo de los generadores de vapor, sin embargo la parte que es de interés para éste análisis es el correspondiente a auditorías energéticas, la cual de acuerdo a esta fuente, puede ser contabilizada en consumos diarios o semanales, según el caso que se adecúe a la operación típica de la empresa.

En este formato se establecen los registros necesarios referidos a los datos de: agua de alimentación, vapor, combustible, aire de combustión y humos; así como vapor producido y purgas. Adicional, a los datos mencionados anteriormente, el formato en análisis, pide el registro semanal de si se agrega agua evaporada, evaporación por kilogramo de combustible, las horas de producción de vapor diarias y se incorporan los costos relacionados con los combustibles.

Por otro lado en un tercer apartado, se registran los parámetros mínimos que deben ser medidos en el agua de alimentación, el precalentador, combustible, vapor, gases de combustión y purgas. Enfatizando a diferencia de los demás documentos estudiados, cuáles son los parámetros mínimos requeridos para los determinar la eficiencia por el método directo e indirecto.

8. “Proyecto: Programa de Eficiencia Energética”<sup>50</sup>. Realizado por el Ministerio de Economía de la República de El Salvador. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Consejo Nacional de Energía (CNE), en 2011.

El documento tiene como objetivo ser una herramienta de fácil aplicación para la ejecución de auditorías energéticas en las instalaciones de las empresas que les ayude a reducir sus consumos de energía eléctrica y térmica. Esta referencia es similar en algunas cosas a otras ya mencionadas, como por ejemplo, a forma en la que están divididos los formatos de acuerdo a la información recopilada, es así como se pueden distinguir los siguientes rubros:

- Información general de la planta,
- Historial de datos del combustible,
- Historial de datos eléctricos,
- Historial de producción,

---

<sup>49</sup> La información descrita se tomó de (FI, UNAM-ATPAE, 2004) y está disponible en el Anexo 1

<sup>50</sup> La información descrita se tomó de (Ministerio de Economía de la República de El Salvador; BID, 2011) y está disponible en el Anexo 1

- Inspección visual,
- Encuesta de mantenimiento,
- Identificación de calderas,
- Cálculo del rendimiento (método directo),
- Cálculo del rendimiento (método indirecto), y,
- Control de purgas.

Los primeros 6 puntos son comunes a los diferentes tipos de tecnologías que maneja el documento, mientras que los últimos 4 son específicos al tema de calderas. Es importante señalar que en comparación con los documentos hasta aquí consultados, tiene varios puntos en común, sin embargo, éste estudio considera aspectos que lo colocan como uno de los más completos; ya que , incorpora datos de registro del régimen de operación, consumos de energéticos mensuales (tanto eléctricos como térmicos), historial de producción por mes, diagrama del proceso, principales consumidores de energía térmica, datos específicos para cada uno de los métodos para determinar la eficiencia de una caldera y el control de purgas, entre otros.

9. “Cleaner Production-Energy Efficiency Manual. Guidelines for the Integration of Cleaner Production and Energy Efficiency”<sup>51</sup>. Elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). División de Tecnología, Industria y Economía, en el año 2004.

Este manual electrónico pretende fortalecer el componente energético de las evaluaciones de Producción Limpia realizadas por los Centros Nacionales de Energía, presenta una metodología integrada que combina este tema con información actual, datos técnicos, hojas de trabajo, herramientas y recursos que permitirán a especialistas técnicos y gerentes tomar decisiones directas y de acción efectiva; además puede ser utilizada por personal de la instalación que realiza evaluaciones internas y por consultores interesados en proveer evaluaciones industriales. En ella, se encuentra orientación sobre cómo incorporar mejor los temas de energía en sus evaluaciones para instigar y apoyar un proceso continuo y rentable que tenga ventajas medioambientales.

Básicamente se compone de una estructura que registra los datos generales de la empresa (nombre, ubicación, producción, horas de trabajo por año, etc.), organigrama general de la producción (donde participan las calderas objeto de análisis), variación mensual de la producción, consumo de recursos por mes (agua, combustible, materia prima), utilidades existentes y equipo intensivo de energía (aire comprimido, motores, ventiladores, bombas), información adicional (registros de mantenimiento, costos de insumos, tratamiento de residuos, etc.).

---

<sup>51</sup> La información descrita se tomó de (UNEP, 2004) y está disponible en el Anexo 1

10. “Manual de Eficiencia Energética para MyPES”<sup>52</sup>. Elaborado por la Unidad de Capacitación y Asistencia Técnica en Eficiencia Energética (UCATEE) / Centro Nacional de Producción más Limpia de El Salvador, en el año 2008.

Este formato presenta de manera general y sencilla, la recopilación de datos para generadores de vapor y líneas de distribución de vapor, entre los datos que se puede destacar está lo relacionado con la antigüedad de los equipos, relación aire-combustible, y porcentaje o partes por millón (ppm) de cada uno de los gases producto de la combustión.

Cabe mencionar que este formato es el único que considera el registro de datos en las líneas de distribución de vapor, por lo que los datos solicitados en él son de gran utilidad para enriquecer la propuesta: tipo de aislamiento de las tuberías, presión de vapor requerida en equipos, diámetro y longitud de tubería sin aislamiento, localización de fugas, etc.

### **2.3.Propuesta de formato para levantamiento de información de una caldera en operación**

Hasta ahora se ha atendido la metodología propuesta de análisis previamente descrita (sección 2.1), tanto la revisión de los conceptos teóricos del capítulo 1 como la revisión bibliográfica de la sección 2 permitieron delimitar aquellos rubros que son relevantes y que están incluidos en el formato de levantamiento propuesto en este trabajo. A continuación, se lleva a cabo una descripción de dichos rubros considerados del formato, los cuales son clave para llevar a cabo un diagnóstico en calderas.

El formato propuesto (imagen 10) se divide en 8 grandes rubros que contemplan los elementos más importantes que se deben considerar durante una visita en campo de una caldera en operación, entre los rubros contemplados se encuentran la recopilación de información sobre la operación, el estado de las instalaciones, las condiciones del sitio de instalación, el control, etc. De los cuales se dará una breve descripción, a continuación:

#### **1. Datos generales de la empresa**

En este segmento, el propósito es contar con los datos generales de identificación de la empresa (dirección, teléfono, persona de contacto, etc.), describir el giro de la empresa, así como, la fecha en la que se está llevando a cabo la inspección.

#### **2. Datos de sitio**

---

<sup>52</sup> La información descrita se tomó de (UCATEE; Centro Nacional de Producción más limpia de El Salvador, 2008) y está disponible en el Anexo 1

Este apartado se consideró debido a las calderas, ven afectada su operación y rendimiento de acuerdo al lugar donde están instalados, posteriormente se pretende que cualquiera de estos parámetros sea una herramienta que permita caracterizar las calderas en sus rangos de eficiencias por zona geográfica, entre otros, con base en la experiencia generada con la aplicación de éste formato.

### 3. Datos de la caldera

Esta sección se divide en tres rubros de información, que se tendría que recopilar, de la siguiente manera: en primer lugar, datos de placa o catálogo que permitirán conocer las características técnicas del equipo, antigüedad de fabricación y operación, presencia de elementos auxiliares y bajo que norma fueron fabricadas; en segundo lugar, se recopilará información sobre su operación, describiendo el régimen de operación (continuo o temporal), el factor de carga promedio o el que se opere con mayor frecuencia (de preferencia, será bajo el cual se realicen las mediciones), las condiciones de operación asociadas a este factor de carga, horas de operación al año y números de operación al año; y por último se recopilará breve información sobre el quemador, derivado de su impacto en la eficiencia de la combustión.

### 4. Mediciones

En este apartado se consideran todos los parámetros medibles que se pueden utilizar para el cálculo de la eficiencia actual de la caldera con base principalmente a dos métodos: directo e indirecto (los cuales se detallarán más adelante), aunque el formato propuesto, también está diseñado para ser flexible y utilizar otros análisis a partir de balances de masa y energía, y con ello, obtener el consumo de energía y el costo asociado a la operación del equipo de acuerdo al combustible utilizado.

Cabe mencionar que también se incluyen parámetros para el registro de información relacionado con las purgas, sin embargo por su difícil obtención es poco probable que sean analizados y solo se estimen de acuerdo a lo que maneje la literatura técnica sobre el tema.

### 5. Consumos

En caso de que se tengan medidores para equipos específicos (calderas, cocina, etc.) tanto de combustible como de agua, se registrarán los valores de consumo de los mismos; en su defecto se medirán indirectamente.

### 6. Mantenimiento/control

La intención de esta parte del registro es dar un panorama general sobre las condiciones de instalación que rodean a la caldera en relación con el aislamiento de las tuberías, mantenimiento, pruebas de

seguridad/operación, así como, el control de operación de manera que se ofrezca un panorama que ayude al evaluador a valorar la lógica de los resultados que le arroje el análisis numérico de la información.

7. Otros equipos consumidores

Al igual que el segmento anterior, se solicita se especifique que otros usos finales o equipos están relacionados tanto para el combustible como para el vapor, con la finalidad, también, de verificar que la información sea lógica en cuestión del balance de energía global con sus respectivos costos asociados, dependiendo del energético que se trate y bajo las mismas unidades.

8. Datos de inspección

Finalmente, la importancia de este punto es que permite validar que se llevó a cabo el levantamiento de datos y mediciones bajo la supervisión de un representante de la empresa interesada en la caracterización de la caldera.

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



DATOS GENERALES DE LA EMPRESA										
Nombre					Dirección					
Ciudad			Estado			Tel.			C.P.	
Giro de la Empresa					Área					
Personal Encargado					Fecha					
DATOS SITIO										
Temperatura					Humedad			Presión		
CALDERA										
ID					Área			Función:		
DATOS DE PLACA / CATÁLOGO										
Marca				Modelo				Año Constr.		
Serie				Sup. de calentamiento				Año Instalación		
Potencia BHP				Potencia Útil				Presión Diseño Máxima		
Tipo				Combustible				Generación de Vapor:		
Eficiencia Comb				Eficiencia Caldera				Consumo de combustible:		
Presencia de (X)	Economizador			Precaentador			Desareador	Norma (X):	ASME	DIN
DATOS DE OPERACIÓN										
Presión				Temperatura				Porcentaje de carga		
Horas de Op.				Días al año				Paros al año:		
Tensión Circ. Princ.				Porcentaje de Carga				Capac. Válv. de Seg		
Régimen de Operación (X):	continuo			temporada			Temporada de Operación			
QUEMADOR										
Marca				Modelo				Año Constr.		
Potencia Max				Potencia Mín						
MEDICIONES										
Periodo de monitoreo					No. de Muestras					
Observaciones:										
AGUA DE ALIMENTACIÓN					CHIMENEA					
Flujo					Análisis de Gases					
Temperatura					Temperatura en Chimenea			Exc. Aire		
Presión					CO2			CO		
Conductividad					O2			CH		
Tratamiento:	SI			NO	VAPOR					
PURGAS					Flujo					
Temperatura					Temperatura					
Flujo					Presión					
Presión					COMBUSTIBLE					
No. de Purgas					Flujo					
Duración de Purgas					Temperatura					
Sólidos Totales					Presión					
CONSUMOS										
AGUA ALIMENT/REPOS					COMBUSTIBLE					
MANTENIMIENTO / CONTROL										
AISLAMIENTO DE TUBERIAS		SI		NO	OBSERVACIONES					
MANTENIMIENTO		SI		NO	TIPO (X):		PREDICTIVO	PREVENTIVO	CORRECTIVO	
FRECUENCIA		DURACIÓN				PERSONAL:	PROPIO	EXTERNO		
LAVADO QUÍMICO		SI		NO	PRUEBA HIDROSTÁTICA		SI	NO		
CONTROL:		SI		NO	REVISIÓN:	PARTES	SI	NO	EQUIPOS: SI NO	
OTROS CONSUMIDORES										
COMBUSTIBLES					VAPOR					
CALDERAS			CALEFACTORES			CALEFACCIÓN			PROD. EN FRÍO	
COCINAS			SECADORES			LAVANDERÍA			LAVANDERÍA	
INCINERADORES			CHIMENEAS			HUMIDIFICACIÓN			OTROS	
HORNOS			OTROS			COCINA				
DATOS DE INSPECCION										
CLIENTE					PROVEEDOR					
SUPERVISÓ Y VERIFICÓ:					REALIZÓ:					
FIRMA					CARGO:					
					FIRMA					
					CARGO:					

Imagen 10. Propuesta de formato de levantamiento para una caldera en operación.  
Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar que a pesar de que es altamente recomendable contar con toda la información descrita en el formato; tanto en la revisión bibliográfica<sup>53</sup> como en mi experiencia en la evaluación de los proyectos de FIDE, he podido observar que las pequeñas empresas en el país, han crecido de manera improvisada y sin planes de mantenimiento bien establecidos, por lo que no es extraño encontrar que la mayoría de las veces se dé mayor mantenimiento correctivo que preventivo, además de que es poco probable que toda esta información se pueda recopilar o medir por la falta de o nula instrumentación; lo anterior da cuenta, sin duda, de la importancia de promover una cultura de monitoreo de datos e instrumentación de los equipos para concientizar sobre la filosofía de que no se puede mejorar o hacer más eficiente lo que no se conoce.

Lo anterior cobra relevancia en la presente propuesta de levantamiento de información puesto que al no contar con un registro de mediciones y operación algunos de los puntos solicitados en la propuesta no podrán ser registrados y podrían complicar realizar el análisis energético de la caldera. Para poner en contexto la relevancia de estos puntos se describe a continuación a detalle cada uno de ellos.

### **3. Aplicación del formato de levantamiento de datos con base a una metodología propuesta de análisis.**

Una vez que se ha propuesto el formato correspondiente y derivado de los diferentes factores que influyen en la dificultad para la recopilación de todos los datos, que se consideraron, es conveniente evaluar su aplicación en un sector industrial. Para facilitar la selección de un sector y el respectivo análisis de aplicación se atendieron dos criterios: i) una industria en donde el uso de calderas sea intensivo y su impacto en el consumo de energía térmica sea significativo y ii) el tamaño de las calderas con base a la aplicación característica del sector PyME y su potencial de sustitución. A continuación, en las siguientes secciones se detalla el análisis realizado:

#### **3.1. Análisis de industrias como uso intensivo en calderas.**

Dentro del Sector PyME, existen diferentes giros o ramas económicas en las cuales están subdivididas y podemos visualizar los usos finales de las diversas aplicaciones térmicas, en la imagen 11 es perceptible que la mayor frecuencia de aplicación de las calderas es para la producción de vapor; mientras que la de menor impacto es la relacionada con la producción de energía y quemadores a fuego directo.

---

<sup>53</sup> (Plauchú Lima, 2006), (UNEP, 2004)



**Imagen 11: Frecuencia de aplicaciones térmicas en PyME.**

**Fuente: (GIZ-BMUB, 2012) Diagnósticos energéticos y encuestas realizadas por IEI**

Asimismo, analizando el desglose de los porcentajes por rama económica, en la tabla 2 se muestra que la mayor frecuencia de aplicación de las calderas está dirigida a la industria de bebidas carbonatadas y lácteos, siguiéndole muy cerca la rama textil, farmacéutica, agroindustria de alimentos. Por el contrario la menor o nula frecuencia de aplicación se encuentra en ramas como son: talleres automotrices, fundición, metalmecánica, minera, plataformas y autopartes.

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



Rama Económica	Total muestra	Calderas de Vapor	Secadores	Cocción	Agua Caliente	Calentador otros fluidos	Quemadores a fuego directo	Hornos	Producción eléctrica
Galvanoplastia	3	3							
Vestido	3	3							
Harinas	4	4	4	4			1	1	
Aceites	5	5	5	5	5				
Cartón y papel	5	5	5						2
Minera	5	0							
Plataformas	6	0							
Auto partes	4	0	4				4	4	
Materiales construcción	8	4	7			1		7	
Metalmecánica	2	0						1	
Bebidas carbonatadas	12	12			12				
Fundición	4	0						4	
Textil	10	10	6		4	3			2
Impresoras	2	2	2						
Hulera	3	3							
Plásticos	3	3				2			
Alimentos en polvo	2	2	2					2	
Rastros	4	4	4	4	4				
Cemento	3	1	3					3	
Lácteos	12	12			12				
Química	8	8	3		5	5			
Cerámica	3	3	2					2	
Pinturas	4	4				2			
Farmacéuticas	8	8	4		8				
Hoteles	9	2		9	9				1
Baños Públicos	2	2			2				
Pañales	2	2	2						
Madera	5	5	5			1		3	
Clubes deportivos	5	2		5					
Agroindustria de alimentos	7	7	4	5	5				
Panderías	3	1		3			1	3	
Talleres automotrices	5	0						5	
Subtotales		117	62	35	66	14	6	35	5
Aplicaciones	Total: 340	34%	18%	10%	19%	4%	2%	10%	1%
Empresas	Total: 161	73%	39%	22%	41%	9%	4%	22%	3%

Tabla 2 Inventario de aplicaciones térmicas en proyectos de ahorro de energía, Fuente: (GIZ-BMUB, 2012) Diagnósticos energéticos y encuestas realizadas por IEI

Además de la información anterior se consideró pertinente incluir parte de la información presentada por una empresa consultora de proyectos de eficiencia energética: Ingeniería Energética Integral (IEI), en base a esta información el criterio de selección se relaciona con cuatro parámetros que se consideran importantes:

1. Del muestreo realizado por la empresa consultora, la aplicación que presenta mayor frecuencia de aplicación: energía térmica para calderas de vapor; así como las mayores muestras relacionadas o interesadas en proyectos de ahorro de energía térmica (Bebidas carbonatadas, textil y lácteos), ya que podrían representar un

mercado potencial de promoción para la aplicación de medidas de ahorro y uso eficiente de energía.

2. Las ramas económicas en las que el número de muestras es igual al número de aplicaciones de calderas, ya que esto garantiza el empleo intensivo de la tecnología por rama económica.
3. Que el consumo correspondiente a calderas en el balance global de energía se alto para que los ahorros sean más evidentes.
4. Las ramas económicas que han presentado interés de desarrollar proyectos con FIDE.

Tomado en cuenta lo descrito en los puntos anteriores se observa que el sector de convergencia es el sector de la industria láctea, por lo que éste sector es un candidato ideal para la aplicación del formato de levantamiento de información propuesto.

### 3.2. Tamaño de las calderas en el sector PyME

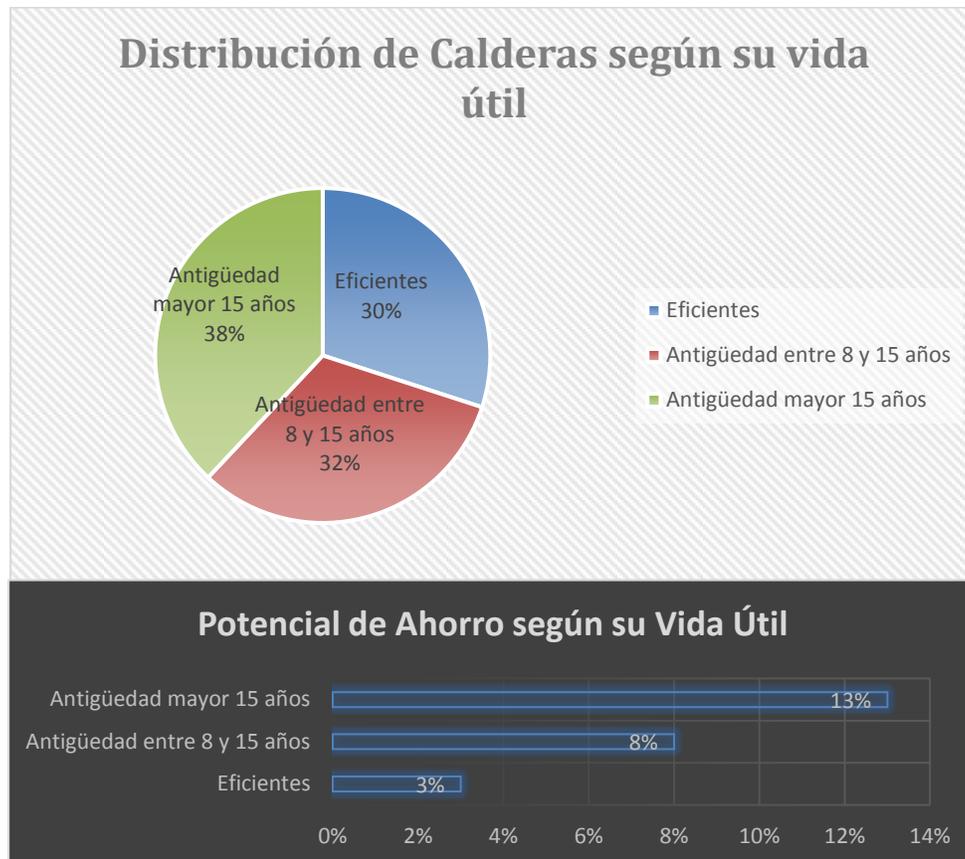
Evaluar este criterio en el caso de México resulta complejo debido a la carencia de información concreta al respecto, una de las opciones para encontrar de manera indirecta dicha información fue considerar algunos datos relacionados con el volumen de ventas y datos obtenidos en consultorías especializadas, tal como se describe a continuación:

En México se estima, a partir del volumen de ventas reportado por la Secretaría Economía y de proyectos de ahorro de energía realizados por un consultor especializado<sup>54</sup>, existan en operación alrededor de 500,000 calderas. De ellas se calcula en función de resultados obtenidos en proyectos de ahorro de energía realizados por la consultoría, que 150,000 pueden ser eficientes; 190,000 con más de 15 años de operación, ideales para ser reemplazadas por calderas de alta eficiencia energética, con un potencial de ahorro del 13%; y 160,000 deben tener entre 8 y 15 años de antigüedad, con un potencial de ahorro de alrededor del 8%. La sustitución de calderas ineficientes por calderas de alta eficiencia evidencia un potencial de ahorro de casi 17 PJ anuales, con un beneficio de mitigación de GEI de 882,898 Toneladas Equivalentes de CO<sub>2</sub>.<sup>55</sup> (Imagen 12)

---

<sup>54</sup> IEI. Consultor Ingeniería Energética Integral

<sup>55</sup> (GIZ-BMUB, 2012)



**Imagen 12:** Distribución de calderas censadas en México y su potencial de ahorro, según su antigüedad.  
Fuente: Elaboración Propia con información de (GIZ-BMUB, 2012)

Del panorama descrito anteriormente y conforme a la información investigada se estima que el universo de calderas existentes en México actualmente en el sector de Pequeña y Mediana Empresa, representa un consumo de energía de 1,500 a 125,000 GJ/año (consideran 2 turnos de operación por día para capacidades pequeñas y tiempo completo de trabajo para equipos mayores; ambos incluyen 1 hora adicional de puesta en marcha)<sup>56</sup>.

Equipo	Potencia	No. de equipos en operación	Eficiencia		Consumo de Energía GJ/año		Consumo Nacional TJ/año
			De	A	De	A	
Caldera	10 a 300 CC	500,000 en operación 750,000 de respaldo	60%	90%	1,500	125,000	260.28

**Tabla 3** Caracterización energética de Calderas en PyME,  
Fuente: (GIZ-BMUB, 2012)

Como dato adicional, que resulta no solo interesante, sino pertinente comentar en el presente estudio, son los resultados que se muestran en la tabla 3 y 4 los cuales se obtuvieron de acuerdo a la caracterización que se hizo de las calderas

<sup>56</sup> (GIZ-BMUB, 2012)

suponiendo una sustitución y considerando la eficiencia encontrada en campo de los equipos, así como el ahorro económico que esto representaría:

Sistema Térmico	Medida de Ahorro	Potencial de ahorro por sustitución o reconversión	Ahorro Económico	Costo	Tiempo de Retorno (años)
Calderas	Sustitución de caldera eficiencia <75%	13%	\$13,500 / CC	\$30,000 / CC	4
	Sustitución de caldera eficiencia <75%	5%	\$19,200 / CC	\$30,000 / CC	2

**Tabla 4 Ahorro Potencial en sustitución de calderas.**  
Fuente: (GIZ-BMUB, 2012). Inventario de proyectos IEI

De los resultados anteriores dan cuenta que el tamaño promedio de las calderas en la pequeña y mediana industria oscila entre 10 y 300 CC, sin embargo, es recomendable ser precavidos en relación a esta observación, puesto que, como ya se comentó la información con que se contó no es suficiente para dar una conclusión contundente.

Como se mencionó al inicio del capítulo, en el presente estudio se consideró pertinente evaluar el formato de metodología de levantamiento, así como los posibles resultados que es posible obtener con base a éste. Retomando los resultados expuestos en la sección 3.1 y 3.2, se decidió evaluar el caso de la industria láctea y calderas que se encuentren el rango de 10-300 CC, teniendo en consideración el cruce entre ambos criterios.

Al llevar a cabo el análisis del estudio de caso de la industria láctea la presente investigación dio cuenta de que es importante poner en contexto respecto al uso de vapor en sus procesos productivos y los respectivos productos. En las siguientes secciones se lleva la revisión de éstos factores, mostrando con ello la relevancia de los requerimientos de la energía térmica en esta industria.

### **3.3. Industria Láctea: procesos y productos que demandan el uso del vapor.**

La Industria láctea es un subsector que tiene como materia prima la leche procedente de animales (generalmente vaca), comprende a las empresas que producen por ejemplo leche, yogurt, queso, entre otros. Es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, y depende de la disponibilidad de la leche nacional para su crecimiento<sup>57</sup>.

Derivado de lo anterior es importante mencionar la relevancia de caracterizar energéticamente no solo la industria láctea sino también las demás industrias que

<sup>57</sup> (UNEP, Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, Ministerio de Medio Ambiente de España, 2002)

tienen un impacto energético considerable, de manera tal que beneficie la situación energética del país, la competitividad entre empresas y a los usuarios.

Lo anterior cobra importancia ya que al conocer la situación actual de cada sector es posible desarrollar mecanismos de apoyo para la implementación de medidas que generen un ahorro y uso eficiente de energía; cabe mencionar que en algunos países europeos se destinan recursos para conocer y parametrizar los sectores más importantes, no solo en cuestiones de consumo de energía, sino también de recursos como el agua, manejo de residuos, entre otros.

En el sector comercial tanto como en el industrial es importante la premisa entre las empresas de mantener bajos los costos de producción, sin sacrificar la calidad de los productos. La industria láctea, no es la excepción, y busca el mismo fin, por lo que se considera indispensable que los procesos de la central lechera funcionen de forma eficiente en todos sus recursos, especialmente el que se refiere en la cuestión energética, aprovechando el máximo calor posible disponible en el vapor<sup>58</sup>.

Para conseguirlo, es necesario considerar el diseño y funcionamiento del sistema completo de vapor y condensado, teniendo ubicados los diferentes requisitos de cada proceso, el medio ambiente local y la variedad de productos lácteos elaborados. Una parte esencial en el diseño y funcionamiento de la sala de calderas, es asegurar que la caldera funcione a su máximo rendimiento posible<sup>59</sup>.

En las centrales lecheras, el vapor se utiliza para procesos de calentamiento indirecto (evita que los gases de combustión entren en contacto directo con el producto, se realiza a través de tubos radiantes y de ignición), directo (transferencia de calor por flama, gases de combustión o ambos al entrar en contacto directo con los materiales del proceso) y esterilización<sup>60</sup>. Es imprescindible que en todas estas aplicaciones el vapor de alta calidad esté disponible a la temperatura y presión correcta. Estas aplicaciones pueden ser<sup>61</sup>:

- Calentadores de agua.
- Intercambiadores de placas indirectos.
- Unidades Limpieza in situ (CIP).
- Sistemas de esterilización en sitio (SIP).
- Esterilizadores directos de UHT para pasteurizar la leche a altas temperaturas.
- Baterías que proporcionan aire caliente para deshidratadores por aspersion y secado de latas.
- Evaporadores de efecto múltiple para la producción de leche condensada.
- Calderetas para procesar aceite de mantequilla.

---

<sup>58</sup> (Bolaños Bolaños, 2014)

<sup>59</sup> Ídem

<sup>60</sup> (Escobar, 2012)

<sup>61</sup> (Spirax Sarco, -)

- Almacenamiento aséptico para proporcionar una barrera estéril entre el producto y las tuberías y tanques.
- Mantener calientes los tanques de residuos lácteos (grasas residuales) para prevenir la solidificación antes de su desalojo.

Algunos de los equipos en los que se usan son<sup>62</sup>:

- Evaporadores
- Secadores
- Intercambiadores
- Chaquetas o marmitas
- Inyectores o Eyectores

### 3.3.1. Los Productos de la leche

La industria láctea es una de las que mayor variedad de productos finales ofrece en el mercado, usando para su elaboración en la mayoría de ellos subprocesos y equipos que utilizan el vapor. En el siguiente diagrama (Imagen 13) se puede observar los procesamientos que se le llevan a cabo a la leche para la obtención de los diversos productos derivados, el cual servirá de guía para hacer una breve descripción de los más importantes y la intervención del vapor en el proceso de transformación de cada uno de ellos.

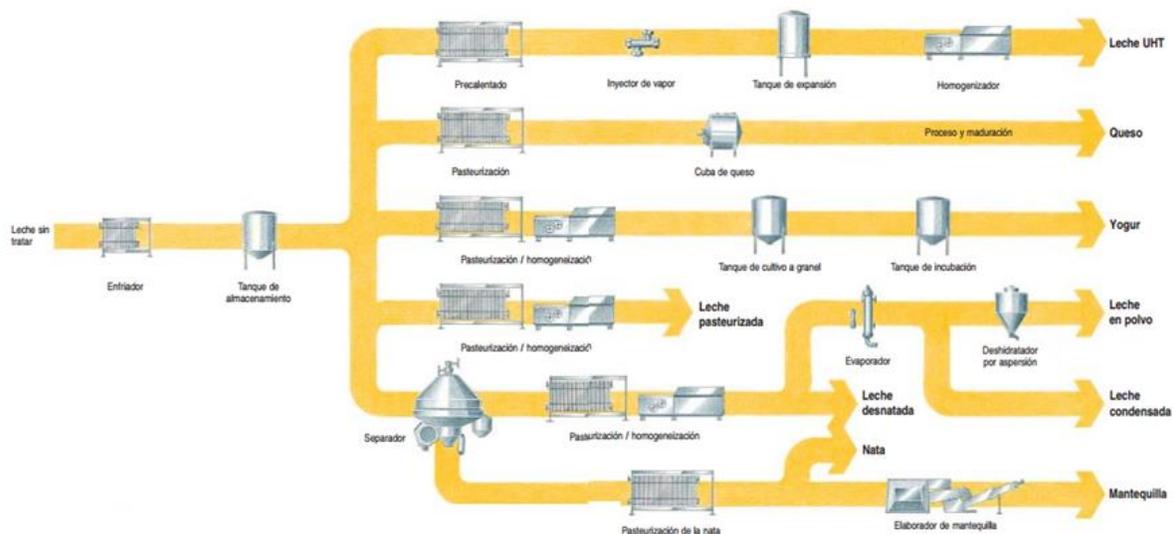


Imagen 13. Usos del vapor en la industria láctea.  
Fuente: (SPIRAX SARCO S.A., s.f.)

Cabe mencionar que la demanda de vapor que cada uno de los productos necesita para ser elaborado dependerá del tratamiento térmico al que sea sometido, permitiendo con ello dimensionar el tamaño de la caldera necesaria para satisfacer el servicio requerido.

<sup>62</sup> (Spirax Sarco, -)

### 3.3.1.1. Leche UHT

Se define como "la leche natural, entera, desnatada o semidesnatada, sometida a un proceso de calentamiento en condiciones tales de temperatura y tiempo que asegure la destrucción de los microorganismos y la inactividad de sus formas de resistencia, y envasada posteriormente en condiciones asépticas"<sup>63</sup>.

El tratamiento térmico debe ser obtenido por calentamiento en flujo continuo a una temperatura elevada durante un corto lapso de tiempo (como mínimo +135°C durante por lo menos un segundo), con el fin de destruir todos los microorganismos, de modo que se reduzcan a un mínimo las transformaciones químicas, físicas y organolépticas<sup>64</sup>.

A continuación se presenta con fines ilustrativos el impacto de consumo de energía térmica por etapa del proceso para este producto.

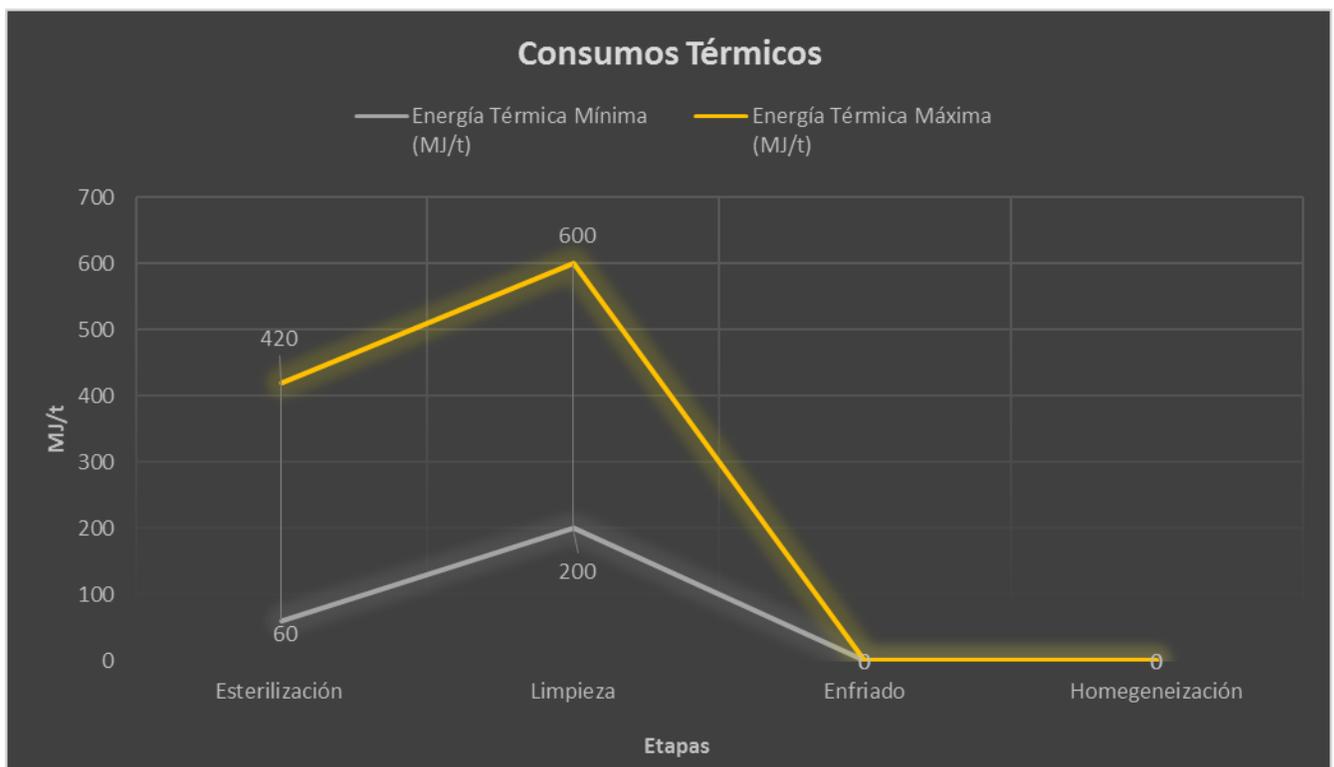


Imagen 14. Consumo de energía térmica por proceso para la elaboración de leche UHT.  
Fuente: Elaboración Propia con información de (AINIA, -)

Como lo muestra la imagen 14, los mayores consumos de energía se llevan a cabo en la esterilización como en la limpieza, pudiendo suponer hasta un 80% del

<sup>63</sup> (AINIA, -)

<sup>64</sup> Ídem

consumo total. El consumo de energía en el precalentamiento de la leche es importante, aunque visiblemente menor que en las dos etapas anteriores.

### 3.3.1.2. Queso

La leche se pasteuriza previamente a la adición de los fermentos lácticos y/o el cuajo, o el que el coágulo obtenido se somete a un proceso de pasteurización, ambos de 72°C durante dieciséis segundos u otras combinaciones de temperatura y tiempo de efecto equivalente, dependiendo del tipo de queso que se trate. El tratamiento térmico, será una termización en el caso de los quesos frescos y una pasteurización en el caso de los quesos blancos pasteurizados<sup>65</sup>.

A continuación se ejemplifica la distribución de los consumos de energía térmica del proceso de fabricación del Queso Cheddar en sus principales etapas de elaboración:

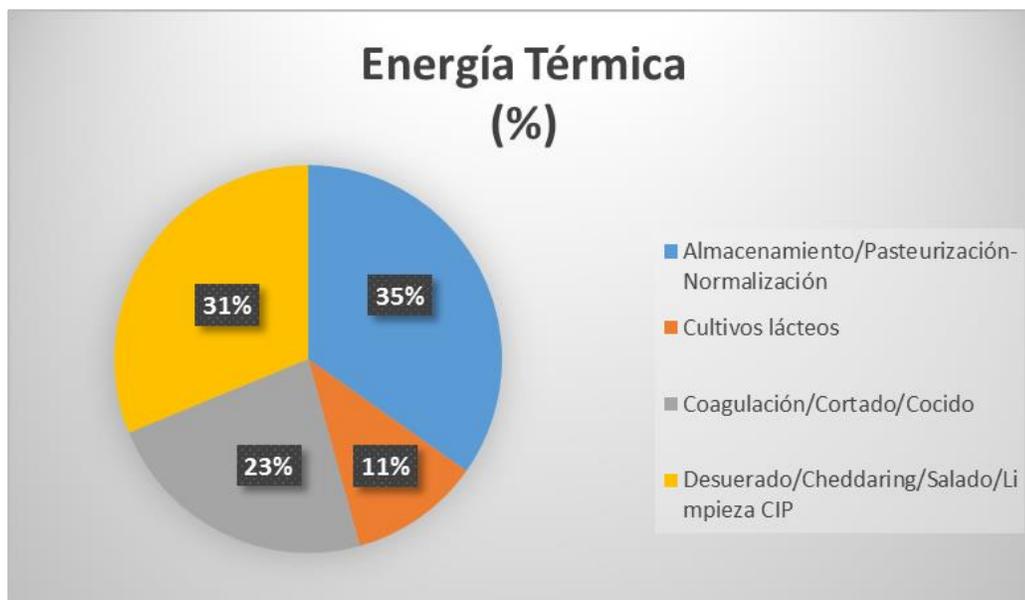


Imagen 15. Consumo de energía térmica por proceso de elaboración de queso.  
Fuente: Elaboración Propia con información de (AINIA, -)

Como se puede observar en la imagen 15, la mayor parte de consumo de energía térmica se encuentra en la pasteurización- normalización y almacenamiento junto con los procesos de: desuerado, cheddaring, salado y limpieza; ambos representan significativamente más del 50% del consumo de energía térmica total utilizada para la elaboración de este producto<sup>66</sup>.

<sup>65</sup> (AINIA, -)

<sup>66</sup> Ídem

Otros productos que demandan energía térmica son: i) Yogur en el cual las etapas de proceso son muy similares a la leche UHT, el tratamiento térmico requerido es de pasteurización; ii) la mantequilla que requiere un tratamiento térmico para asegurar la destrucción de los gérmenes patógenos y de los enzimas tanto lipolíticos como, y iii) la nata que al igual que en el caso anterior se realiza el tratamiento térmico, variando entre la pasteurización y los tratamientos U.H.T<sup>67</sup>.

En la tabla 5 se presenta un resumen de los usos finales en los que más se consumen recursos (energía eléctrica, energía térmica, agua, generación de residuos) por proceso de elaboración de producto, la idea de este cuadro es representar los sistemas de tratamiento del producto que más energía térmica consumen.

ANÁLISIS DE MAYOR USO DE RECURSOS: ENERGÍA, AGUA, RESIDUOS				ANÁLISIS DE MAYOR USO DE RECURSOS: ENERGÍA, AGUA, RESIDUOS		
PROCESO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	PROCESO	PRIMERO	SEGUNDO
LECHE UHT	TRATAMIENTO UHT ET	LIMPIEZA ET	PRECALENTAMIENTO ET	NATA	PASTERIZACIÓN ET	DESODORIZACIÓN ET
	ENFRIADO EE	DESAIREADO EE			TRATAMIENTO UHT ET	MADURACIÓN ET
	REFRIGERACIÓN AG	CENTRIFUGA/CLARIFICADORA EE			ESTERILIZACIÓN ET	LIMPIEZA ET
	LIMPIEZA AG	REFRIGERACIÓN EE			LIMPIEZA AG	DESODORIZACIÓN EE
	LIMPIEZA RES	HOMOGENEIZACIÓN EE			LIMPIEZA RES	DESAIREADO EE
		ENFRIADO EE				REFRIGERACIÓN EE
		LIMPIEZA CISTERNAS RES			ALMACENAMIENTO EE	
YOGUR	PASTERIZACIÓN ET	INCUBACIÓN/COAGULACIÓN ET		MANTEQUILLA	PASTERIZACIÓN ET	MADURACIÓN ET
	LIMPIEZA AG	LIMPIEZA ET			LIMPIEZA AG	DESODORIZACIÓN ET
	LIMPIEZA RES	REFRIGERACIÓN /ALMACENAMIENTO EE			LIMPIEZA RES	LIMPIEZA ET
		DESAIREADO EE				DESODORIZACIÓN EE
		CENTRIFUGA/CLARIFICADORA EE				BATIDO EE
		REFRIGERACIÓN AG				DESAIREADO EE
	LIMPIEZA CISTERNAS RES			AMASADO EE		
QUESO	PASTERIZACIÓN ET	LIMPIEZA ET			BATIDO RES	
	LIMPIEZA AG	CONCENTRACION DE LACTOSUERO ET				
	LIMPIEZA/MOLDEO Y PRENSADO/COAGULACIÓN RES	HOMOGENEIZACIÓN EE				
		CENTRIFUGA/CLARIFICADORA EE				
		DESAIREADO EE				
		NORMALIZACIÓN RES				
	LIMPIEZA CISTERNAS RES					

Tabla 5. Jerarquización de recursos por procesos de la industria láctea.  
Fuente: Elaboración Propia con información de (AINIA, -)

Entonces, las etapas en los que se elaboran los productos finales de la industria láctea, como el queso, crema, yogur, etc; en donde existe un mayor uso de la energía térmica son: Tratamiento UHT, Pasteurización y Esterilización. Con base

<sup>67</sup> (AINIA, -)

en las características específicas de los requerimientos de temperatura, tiempo, presión, etc<sup>68</sup>.

### 3.3.2. Requerimiento de energía térmica en los principales procesos de la industria láctea

La importancia del uso de energía en el uso de tratamientos térmicos como técnica de conservación de la leche es imprescindible para esta industria afectando de manera mínima las características físicas y químicas del producto<sup>69</sup>.

Dentro del tratamiento térmico será fundamental conocer dos parámetros, los cuales son: tiempo y temperatura, con ellos se determina la intensidad del tratamiento térmico. La imagen 16 muestra las curvas de tratamiento térmico con efectos letales sobre las bacterias Coliformes, bacterias del tifus y sobre todo sobre el bacilo de la tuberculosis<sup>70</sup>.

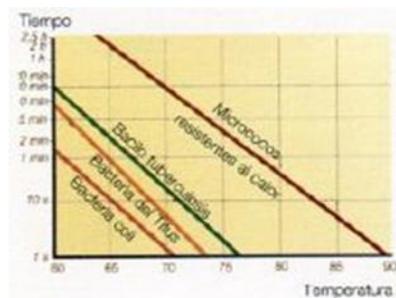


Imagen 16. Tratamiento térmico por bacteria a eliminar en la industria láctea.  
Fuente: (, José Luis; Tetra Pack, 2011)

Según estas curvas, las bacterias coli presentes en la leche mueren cuando son calentadas a 70°C y mantenidas a esta temperatura durante un segundo. A la temperatura de 65°C se necesita un tiempo de mantenimiento de 10 segundos para conseguir el mismo efecto. Estas dos combinaciones 70°C/1Segundo y 65°C/10Segundos, tienen por lo tanto el mismo efecto letal<sup>71</sup>.

La elección de la combinación TIEMPO/TEMPERATURA debe ser optimizada para conseguir un efecto adecuado tanto desde el punto de vista microscópico como desde el punto de vista de la calidad<sup>72</sup>. Por lo que a continuación se presenta la

<sup>68</sup> (AINIA, -)

<sup>69</sup> (, José Luis; Tetra Pack, 2011)

<sup>70</sup> Ídem

<sup>71</sup> Ídem

<sup>72</sup> Ídem

tabla 6 que indica de manera resumida esta relación por proceso de la industria láctea:

PROCESO	TEMPERATURA °C	TIEMPO s
TERMIZACIÓN	63-65	15
PASTEURIZACIÓN LTLT	63	1800
PASTEURIZACIÓN HTST DE LA LECHE	72-75	15-20
PASTEURIZACIÓN HTST DE LA NATA, ETC	< 80	1-5.
ULTRAPASTEURIZACIÓN	125-138	2-4.
ESTERILIZACIÓN UHT	135-140	1
ESTERILIZACIÓN EN EL ENVASE	115-120	1200

**Tabla 6. Diferentes categorías de tratamiento térmico.**  
Fuente: Elaboración propia con información de (, José Luis; Tetra Pack, 2011)

Son tres los métodos fundamentales para la disminución de los microorganismos en la leche: la Pasteurización, la Esterilización y la UHT (Ultra High Temperature o Ultrapasteurización o Uperización)<sup>73</sup>

### 3.3.2.1. Tratamiento UHT o Ultrapasteurización

El tratamiento a temperaturas ultra-altas (UHT, por sus siglas en inglés: Ultra High Temperature) es utilizado para la esterilización de alimentos con bajo nivel de acidez, el tratamiento a temperaturas ultra-altas (UHT) consiste en calentar el producto a más de 135/152 °C (275 °F) de manera mantenida durante 3 segundos. Básicamente consiste en inyectar vapor a alta temperatura en las condiciones antes mencionadas, a la leche; eliminado el agua añadida dejando expandir la leche esterilizada en un evaporador instantáneo (al vacío), lo que además la refrigera<sup>74</sup>.

Existen dos métodos alternativos de tratamiento a temperaturas ultra-altas (UHT): directo o indirecto<sup>75</sup>.

En el calentamiento a temperaturas ultra-altas (UHT) directo, se produce por contacto directo entre el fluido caloportador (vapor de agua) y la leche. Se puede realizar tanto inyectando vapor sobre leche, como inyectando leche sobre vapor. La

<sup>73</sup> (, José Luis; Tetra Pack, 2011)

<sup>74</sup> (AINIA, -)

<sup>75</sup> (AINIA, -), (Alava Viteri & Fernando Quintana, 2011)

temperatura de calentamiento oscila entre 140 y 150°C, siendo el tiempo de residencia de uno a cuatro segundos (poco tiempo), proceso al que le sigue rápidamente una refrigeración instantánea. El poco tiempo que dura el tratamiento permite lograr una muy buena calidad de productos. La leche debe tener a la entrada del intercambiador una temperatura de 70-80°C<sup>76</sup>.

No obstante, el proceso requiere un consumo de energía relativamente alto en comparación con el tratamiento a temperaturas ultra-altas (UHT) indirecto. Con el calentamiento indirecto, el producto no entra en contacto directo con la fuente de calor, sino que se calienta mediante intercambiadores de calor. Estos sistemas son mucho más eficientes energéticamente, ya que no se producen pérdidas por cambios de estado en el producto; además de la gran rentabilidad de este método se debe a la posibilidad de recuperar la mayor parte de la energía térmica. Con este tipo de intercambiadores no se alcanzan las temperaturas de esterilización en tan breve tiempo como se exige en la leche UHT, por lo que se deben utilizar en combinación con sistemas directos de calentamiento.

### 3.3.2.2. Pasteurización

Es un tratamiento térmico suave, aspecto que lo diferencia de la esterilización, mucho más intenso. Su principal objetivo, es la eliminación de patógenos en los alimentos para alargar su vida útil. La pasteurización emplea temperaturas bajas pero que aseguran la eliminación de patógenos, aunque algunos puedan aguantarlas y resistirlas. El valor nutricional de los alimentos y sus características organolépticas no se ven tan alteradas<sup>77</sup>.

La temperatura de pasteurización es inferior a los 100°C ya que temperaturas más elevadas afectan de manera irreversible a las características fisicoquímicas del producto. En el caso de alimentos líquidos, la temperatura tendría que situarse sobre los 72°C y 85°C durante 20 segundos y en los alimentos envasados entre los 62°C y los 68°C durante periodos más largos de tiempo, unos 30 minutos. Con la aplicación de esta técnica se puede aumentar la vida útil de los alimentos varios días, como es el caso de la leche, hasta varios meses, como es el caso de los alimentos envasados o embotellados<sup>78</sup>.

Se han estudiado distintas combinaciones de temperatura y tiempo para pasteurizar pero fundamentalmente se han reducido a dos:

---

<sup>76</sup> (AINIA, -)

<sup>77</sup> (Alava Viteri & Fernando Quintana, 2011)

<sup>78</sup> (AINIA, -), (Alava Viteri & Fernando Quintana, 2011)

1º Pasteurización lenta o discontinua. Llamada también LTLT (Low Temperature Long Time), este método consiste en calentar la leche a temperaturas entre 62 y 64°C y mantenerla a esta temperatura durante 30 minutos. Usada en queserías tradicionales. El uso de la pasteurización lenta es adecuada para procesar pequeñas cantidades de leche hasta aproximadamente 2000 litros diarios, de lo contrario no es aconsejable<sup>79</sup>.

2º Pasteurización rápida o continua: Llamada también pasteurización continua o bien HTST (High Temperature Short Time), este tratamiento consiste en aplicar a la leche una temperatura de 72 - 73°C en un tiempo de 15 a 20 segundos<sup>80</sup>.

Las ventajas de la pasteurización HTST respecto a la LTLT son las siguientes<sup>81</sup>:

- a) Pueden procesarse en forma continua grandes volúmenes de leche.
- b) La automatización del proceso asegura una mejor pasteurización
- c) Es de fácil limpieza y requiere poco espacio.
- d) Por ser de sistema cerrado se evitan contaminaciones.
- e) Rapidez del proceso.

En cuanto a las desventajas se pueden nombrar<sup>82</sup>:

- a) No puede adaptarse al procesamiento de pequeñas cantidades de leche.
- b) Las gomas que acoplan las placas son demasiado frágiles.
- c) Es difícil un drenaje o desagote completo.

Todo tratamiento térmico que se hace a temperaturas inferiores al del punto de ebullición del agua, son considerados como métodos de “pasteurización”. En la siguiente tabla (tabla 7) se ejemplifica los tipos de tratamiento por producto.

---

<sup>79</sup> (AINIA, -), (Alava Viteri & Fernando Quintana, 2011)

<sup>80</sup> Ídem

<sup>81</sup> Ídem

<sup>82</sup> Ídem

Producto	Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (s)
Quesos	Rápido	70	15 a 20
	Lento	65	1800
Leche en polvo	Descremada	88	180
Leche en polvo	Con materia grasa	90	180
Crema/leche	Pasteurización	95	15 a 20
	Enfriamiento	60-65	-
Crema/crema	Pasteurización	95	15 a 20
	Enfriamiento	21,7,8	-

**Tabla 7. Algunas temperaturas de tratamiento por producto.**  
Fuente: (Alava Viteri & Fernando Quintana, 2011)

### 3.3.2.3. Esterilización

Se produce mediante el aumento de la temperatura hasta los 150 °C, por un periodo de 4 segundos una vez envasada la leche herméticamente e implica la destrucción total de los gérmenes, patógenos o no y de las esporas; el problema fundamental de este método radica en la pérdida de características organolépticas de la leche ya que el tratamiento es bastante severo, destruyéndose algunas vitaminas, desnaturalizando proteínas, caramelizando azúcares de la leche (lactosa), etc. Es un sistema utilizado en menor medida que la pasteurización y la ultra pasteurización (UHT)<sup>83</sup>.

### 3.3.3. Especificaciones del vapor de la Industria Láctea

De toda la información revisada anteriormente, se observa que, con base a los requerimientos para los procesos productivos y los respectivos productos las calderas que cumplen con estas condiciones de operación son las calderas pirotubulares; por lo que es común, encontrar este tipo de calderas debido a las capacidades que éstas consideran y con eficiencias que oscilan entre 78% y 92%, las cuales manejan una amplia variedad de combustibles: carbón, gas, diésel; el tipo de vapor que se genera en este tipo de equipos es vapor saturado en un rango de presiones de 9.18/11.22 Kg/cm<sup>2</sup> y 17.34 Kg/cm<sup>2</sup> (9/11-17 bar). La temperatura requerida varía en un rango de temperatura entre 140-155°C<sup>84</sup>.

Las características de las calderas pirotubulares permiten realizar una distribución del vapor a la máxima presión posible para reducir el tamaño de las tuberías y las pérdidas de calor y de presión en el sistema; lo anterior sabiendo que es más fácil

<sup>83</sup> (Alava Viteri & Fernando Quintana, 2011)

<sup>84</sup> (Plauchú Lima, 2006)

reducir la presión de manera puntual de acuerdo a las necesidades de cada proceso individual<sup>85</sup>.

### 3.3.4. Consumo Global de Energía en una planta

Sabiendo que el uso de la energía es fundamental para cualquier industria, para asegurar el mantenimiento de la continuidad de la producción, la calidad de los productos elaborados, la limpieza y control del proceso, entre muchas cosas más, conocer en qué, cómo, cuánta energía se consume por proceso, etapa o producto, nos permite establecer acciones de mejora continua que permitan hacer a la empresa más competitiva en todos los aspectos.

Desafortunadamente, en el caso de la industria láctea en México, se desconoce mucha de esta información; pero en cambio, en el ámbito internacional se cuenta con información muy valiosa y que puede ser referente para el caso nacional, tal es el caso de la industria láctea española. A continuación, se presenta una recopilación de la información encontrada para el caso español y que relaciona los parámetros y consumos de los procesos sujetos a tratamientos térmicos.

La tabla 8 muestra la cantidad de energía térmica y eléctrica consumida por cada unidad de producto derivado de la leche elaborado; analizando dicha tabla, se puede deducir que el consumo de energía térmica para estos productos<sup>86</sup> es muchísimo mayor, comparado con el consumo de energía eléctrica. Además, también se puede observar que los productos que requieren mayor consumo de energía térmica dentro de los productos que se elaboran son: leche en polvo, suero en polvo y queso<sup>87</sup>.

---

<sup>85</sup> (Plauchú Lima, 2006)

<sup>86</sup> Considerando que cada Tep=11,630 kWh

<sup>87</sup> (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014)

Producto elaborado	Unidad	Energía Eléctrica (kWh)	Energía Térmica (Tep)
Leche pasteurizada	metro cúbico	25-30	76-81
Leche uperizada	metro cúbico	55-60	145-155
Leche concentrada	metro cúbico	37-42	725-750
Leche condensada	metro cúbico	77-82	1300-1350
Mantequilla	metro cúbico	220-240	435-450
Nata	metro cúbico	35-40	57-62
Yogur	metro cúbico	50-55	445-460
Leche en polvo	tonelada	425-450	5700-5800
Suero en polvo	tonelada	440-465	4200-4500
Queso	tonelada	265-285	3900-4200
Batidos	metro cúbico	50-55	380-400

Tabla 8. Cantidad de energía térmica y eléctrica usada por producto elaborado, Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014), EREN

Existen diversos factores que se consideran para determinar el costo final de un producto lácteo, como son: costos de operación, insumos, energía, maquinaria, distribución, empaque, entre otros; por lo que, cualquier ahorro añadido que se consiga en cualquiera de estos rubros puede representar la oferta de un precio más competitivo o una mayor ganancia, y con ello la posibilidad de mejorar el posicionamiento sectorial o la oportunidad de crecimiento de la empresa<sup>88</sup>.

De manera general, se vuelve importante conocer, el porcentaje de costo de la energía sobre el precio de venta, de algunos de los productos que se fabrican en la industria láctea, ya que ello permite al empresario ponderar medidas específicas en aquellos procesos donde sea más significativo el costo y por tanto evaluar la importancia de un uso eficiente y racional de la energía requerida en ciertos procesos y con base en la producción. La tabla 9 muestra que el impacto del costo energético que implica la elaboración de determinado producto no excede en ninguno de ellos el 4%, ni es menor al 0.1%<sup>89</sup>.

<sup>88</sup> (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014)

<sup>89</sup> Ídem

Producto elaborado	% costo de la energía sobre el precio de venta
Leche pasteurizada	0.51
Leche uperizada	1.64
Leche concentrada	0.92
Leche condensada	2.11
Mantequilla	1.32
Nata	0.13
Yogur	0.1
Leche en polvo	2.01
Suero en polvo	3.62
Queso	0.87

Tabla 9. Impacto del costo de la energía sobre el precio de venta por producto elaborado.  
Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014), EREN

Asimismo, de manera gráfica en la imagen 17, se observa que los productos con mayor impacto en cuanto al costo de los energéticos son: el suero en polvo, la leche en polvo y la leche condensada; en contraparte, en los que menos impacta es en el yogurt y la nata. Realizando una ponderación con la producción típica de una empresa, este porcentaje se sitúa frecuentemente entre el 1 y 3% del costo final del producto<sup>90</sup>.

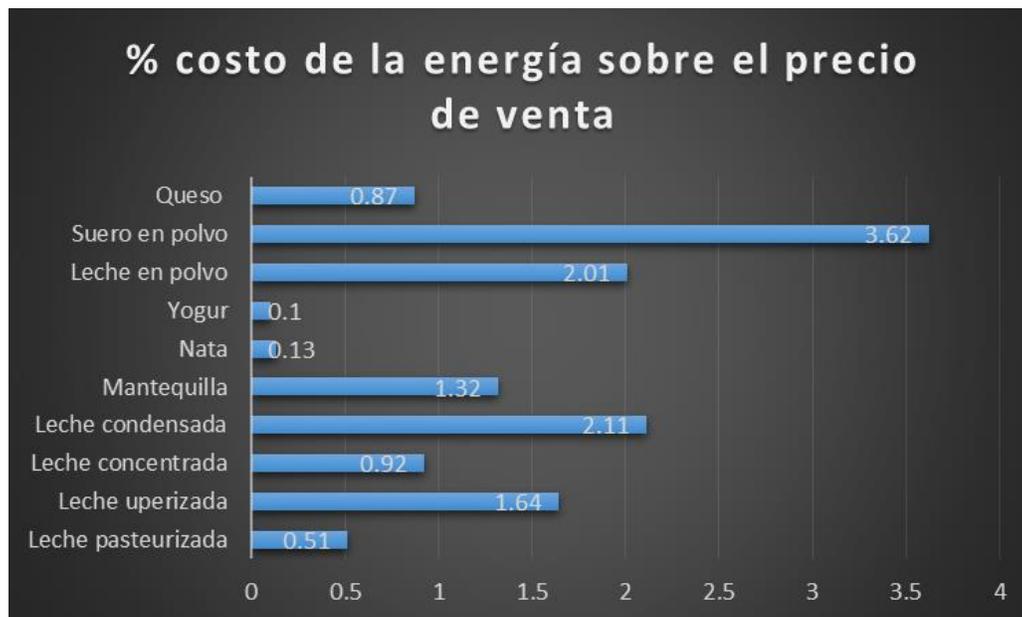


Imagen 17. Impacto del costo de la energía sobre el precio de venta por producto elaborado.

<sup>90</sup> (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014)

Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014), EREN

Otro dato relevante que indica el estudio de la industria láctea española y que se consideró importante mostrar en la imagen 18, es el rendimiento en porcentaje de los principales procesos de la industria láctea, así como la parametrización del índice energético asociado al producto o uso final que entregan, dependiendo del caso.

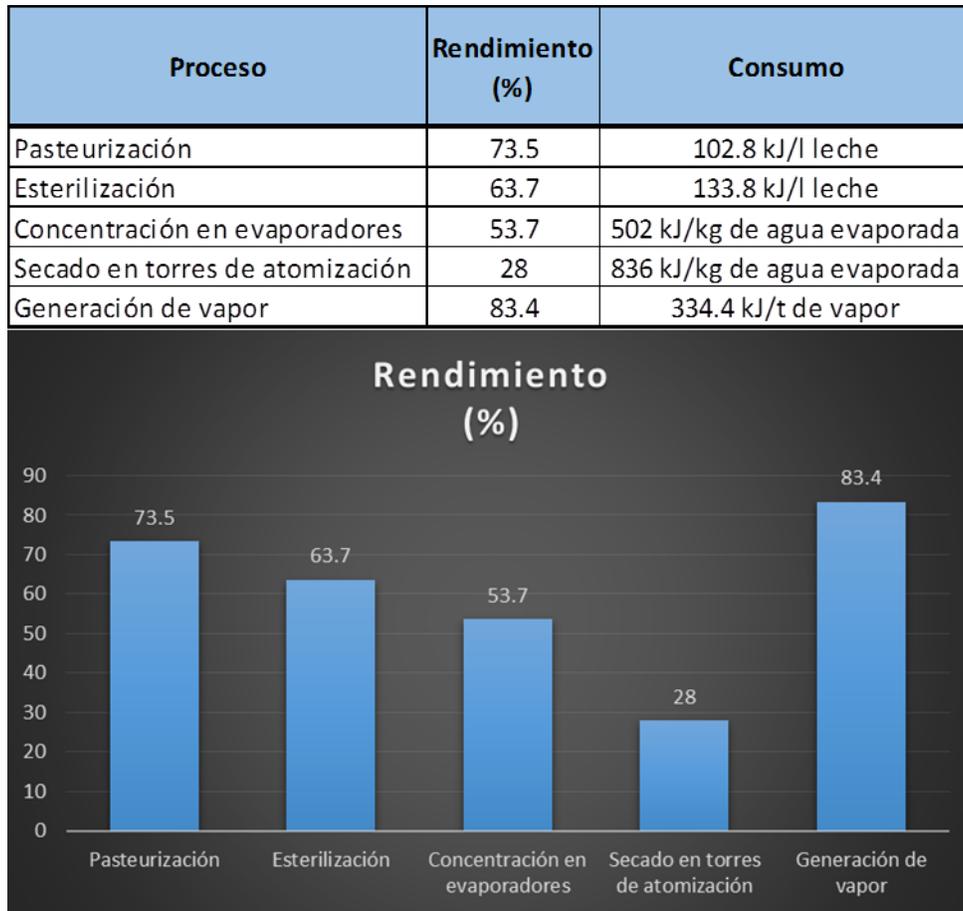


Imagen 18. Rendimiento energético por proceso térmico en una industria láctea.

Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014), EREN

De esta tabla se concluye, que los mejores rendimientos para hacer un uso eficiente de la energía térmica son alcanzados en la generación de vapor, pasteurización y esterilización, por considerarse éste, por encima de la media; sin embargo el más bajo es el asociado con el secado en torres de atomización.

Adicionalmente en las plantas procesadoras de leche, también se pueden establecer los respectivos requerimientos energéticos por tonelada de producto, como se muestra en la imagen 19<sup>91</sup>:

Producto final	Requerimiento energético [MJ/t de leche]	
	Calor	Electricidad
<b>Leche en botellas:</b>		
Pasteurizada	600	200
Esterilizada	720	250
<b>Leche en contenedores de un solo sentido:</b>		
Pasteurizada	250	180
UHT	360	325
Leche desnatada, en polvo y mant	2100	325
Leche entera en polvo	1900	290
<b>Quesos Madurados:</b>		
Sin procesado de suero	450	270
Con procesado de suero	1660	360
Leche evaporada y condensada	1060	220

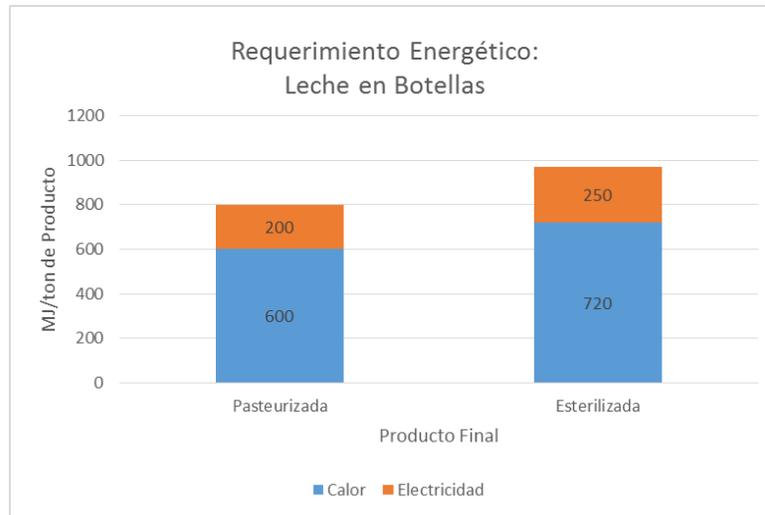
Imagen 19. Requerimiento de energía por tonelada de producto producido.

Fuente: (UNEP, Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, Ministerio de Medio Ambiente de España, 2002), FAO

Los dos productos con mayor requerimiento energético mostrados en la imagen anterior son la leche pasteurizada y la leche esterilizada, resulta interesante y pertinente mostrar de manera gráfica su estructura de consumo separando los rubros térmico y eléctrico; ya que lo anterior, da cuenta de que en estos productos los requerimientos de energía térmica son los más relevantes, tal como lo muestra la imagen 20, la pertinencia se enfoca a que para el caso de la industria láctea mexicana cerca del 60% de la producción de leche fluida se lleva a cabo utilizando estos procesos.<sup>92</sup>

<sup>91</sup> (UNEP, Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, Ministerio de Medio Ambiente de España, 2002)

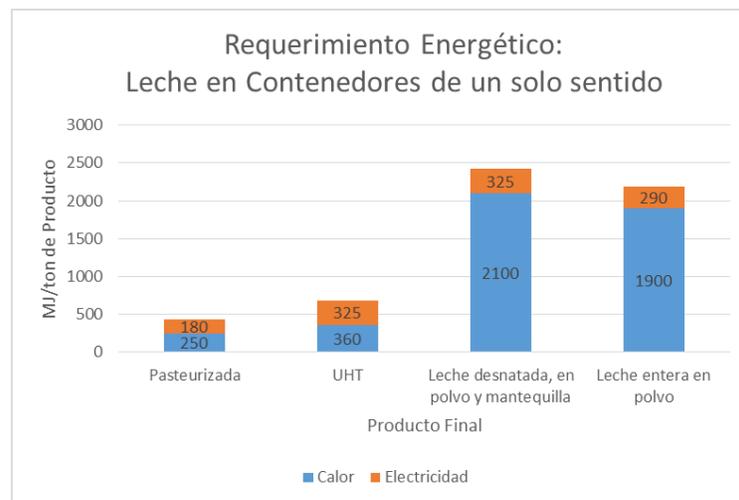
<sup>92</sup> Secretaría de Economía, 2012. Análisis del sector lácteo en México, pp. 25. México D. F., disponible en: [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf)



**Imagen 20. Requerimiento energético leche embotellada.**

**Fuente:** Elaboración propia con información de (UNEP, Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, Ministerio de Medio Ambiente de España, 2002)

En la imagen 21, se muestra que en el caso de otros productos, los requerimientos de calor en todos los casos son mayores al 50%, siendo el producto con mayor necesidad la leche entera en polvo con el 86.8%, seguido de la leche desnatada con el 86.6% y la leche evaporada y condensada con el 82.8%; mientras que el producto con menor necesidad es la leche ultrapasteurizada con el 52.6% y la pasteurizada con el 58.1%<sup>93</sup>.



**Imagen 21. Requerimiento energético leche en contenedor de un solo sentido.**

**Fuente:** Elaboración propia con información de (UNEP, Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, Ministerio de Medio Ambiente de España, 2002)

<sup>93</sup> (UNEP, Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, Ministerio de Medio Ambiente de España, 2002)

Otra información importante es el consumo por cada fuente de energía (eléctrica y combustible) la cual se presenta en la tabla 10, en este caso se destaca que la información presenta los indicadores consumo por fuente y por tipo de producto, observando que en todos ellos el consumo de energía por unidad de combustible es más del 70% del consumo energético total considerando como combustible el combustóleo, de manera análoga podrían analizarse y valorar el impacto de otros combustibles con menor o mayor poder calorífico.

Producto	Consumo de Energía (kWh/L Producto)		
	Eléctrico*	Fuel	Total
Leche de Consumo	0.05	0.12	0.17
Queso	0.21	1.2	1.41
Mantequilla	0.19	0.98	1.17

Tabla 10. Consumo de energía por litro de producto lácteo producido.

Fuente: Elaboración propia con información de (UNEP, Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, Ministerio de Medio Ambiente de España, 2002)  
UNEP (2000)

\*Depende del mayor o menor grado de automatización del proceso el consumo de energía eléctrica puede variar.

Como parte de la información trascendental que se decidió incluir, relacionada con el estudio de caracterización de la industria láctea española, se encuentra el balance global de energía térmica y eléctrica, sus principales usos finales y equipos consumidores. Dicha información se muestra en la tabla 11 e imagen 22, destacando la proporción que guardan estos (80% energía térmica y 20% energía eléctrica), lo cual a pesar de estar referenciado a otro país nos puede dar un rango proporcional de la distribución del consumo de acuerdo al giro de la empresa (láctea) sirviendo como referencia para determinar si los resultados de un análisis energético industrial son lógicos<sup>94</sup>.

Energía	Usos más frecuentes	Equipos	%
Térmica	Generación de vapor y agua caliente, limpiezas	Pasteurizadores/esterilizadores, sistemas de limpieza CIP	80
Eléctrica	Refrigeración, iluminación, ventilación, funcionamiento de equipos	Equipos de funcionamiento eléctrico (bombas, agitadores, etc), iluminación	20

Tabla 11. Balance energético global de una industria láctea,

Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014)

<sup>94</sup> (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014)



Imagen 22. Balance energético global de una industria láctea, Prevención de la contaminación en la industria láctea. Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014)

De la tabla 11, también podemos observar que otro de los usos finales importantes de la energía térmica está relacionado con la limpieza; situación que podría ser difícilmente visible en una primera instancia como tangible del uso del vapor y que tiene que ver con los hábitos o procedimientos que involucran directamente a los equipos y a las personas encargadas de realizarlos y supervisarlos; por lo que trasciende la importancia de conocerlos junto con el impacto que representan globalmente. En la tabla 12 podemos visualizar que el equipo que implica un mayor consumo de energía para su limpieza, es la evaporación de la capa superior de la leche la cual se lleva hasta 28.1 MJ por cada ciclo de limpieza realizado diariamente<sup>95</sup>.

Equipo	Requerimientos de Energía Térmica (MJ/ciclo de limpieza)
Separación de la nata	0.25-0.31
Pasteurización de la leche	0.14-0.3
Tratamiento térmico de la nata	0.1-0.5
Evaporación de la capa superior de la leche	6.8-28.1
Secado de la capa superior de la leche	1.0-2.0

Tabla 12. Requerimientos de energía térmica por ciclo de limpieza de equipos. Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014) , Spreer (1998)

Finalmente, la tabla 13 muestra que además de influir aspectos como el tipo de producto elaborado, sobre el consumo energético de una planta lechera, también influyen otros factores como la antigüedad (edad) y modernización, una planta moderna presenta un índice de consumo 0.09 KWh/L de leche procesada, mientras

<sup>95</sup> (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014)

que una planta antigua presenta un índice de consumo de 0.27 kWh/L de leche procesada, lo que representa 3 veces el consumo con respecto al planta moderna.

Otros factores como el tamaño de la instalación, el grado de automatización de los procesos, la tecnología utilizada, el manejo de la limpieza, el diseño de la instalación, las medidas de ahorro implantadas o la realización en la propia instalación de otras operaciones; también influyen en los índices de consumo energético.

Planta de elaboración de Leche	Consumo Total de Energía (kWh/L leche procesada)
Moderna con pasteurización de alta eficiencia y caldera moderna	0.09
Planta moderna usando agua caliente para el proceso	0.13
Antigua usando vapor de agua	0.27
Rango común de la mayoría de las plantas	0.14-0.33

Tabla 13. Consumo global de energía por litro de leche procesada por tipo planta lechera, Fuente: (Martínez Ruíz & Cosme Moñino, 2014) UNEP (2000)

Como se pudo observar en las secciones anteriores son varios los factores que deben ser considerados cuando se lleva a cabo un análisis detallado que permita llevar a cabo un diagnóstico completo y es mucha la información que influye para establecer un criterio técnico de validación que será requerido para evaluar el desempeño de una caldera.

En el formato propuesto en la presente tesina se trató de incluir en su diseño la mayor parte de información discutida en los tres capítulos que conforman la presente tesina. Teniendo en consideración toda la información proporcionada hasta ahora y con el propósito de dar un mayor aporte en cuanto a los elementos y al orden de las etapas a considerar para la evaluación y caracterización de una caldera; así como los elementos requeridos para conformar o caracterizar adecuadamente el estudio de los equipos; en complemento, la siguiente sección presenta una metodología de análisis, asimismo se ejemplifica un caso real.

### 3.4. Metodología de análisis con base en la información recopilada en el formato de levantamiento.

De acuerdo a los casos diferentes casos que se han presentado en FIDE interesados en la implementación de medidas de ahorro y uso eficiente de energía, así como la información presentada en secciones anteriores la aplicación de la siguiente metodología será enfocada a las necesidades de producción de vapor de

la industria láctea a través de calderas; en ese sentido las calderas aquí comprendidas serán en su mayoría las de tipo pirotubular (aunque el formato es flexible también para las de tipo acuotubular) con capacidades de 10 a 300 CC a mediana presión (4 o 5 Kg/cm<sup>2</sup> a 20 kg/cm<sup>2</sup>), que producen vapor saturado. Estas requerirán una temperatura de salida que oscila en un rango de 140 a 155 °C (de acuerdo a lo visto en la descripción de las necesidades de vapor de la industria láctea), para llevar a cabo procesos específicos en equipos de intercambio de calor propios del sector.

La propuesta considera los siguientes pasos, los cuales deberán ser de carácter complementario y no sustituyen a los pasos para llevar a cabo un diagnóstico energético de cualquier orden:

1. Descripción de los procesos en los cuales participa el vapor generado por el equipo, objeto de análisis.
2. Determinación/Verificación de las necesidades de vapor saturado en el punto de salida de la caldera para cada uno de los procesos involucrados.
3. Levantamiento de información, descripción general de los equipos objetos de análisis, datos de placa y toma de mediciones, aplicando el formato de levantamiento.
4. Determinación de la eficiencia actual del equipo, aplicando el método más adecuado (directo/indirecto) dependiendo del nivel de información con el que se cuenta o se logre recabar.
5. Evaluación del sobredimensionamiento, subdimensionamiento.
6. A partir de la eficiencia obtenida, calcular el consumo energético y el costo asociado a éste, estableciendo la línea base energética e índices energéticos de comparación.
7. Establecer recomendaciones.

Es importante destacar, que derivado a las condiciones que se describen en los únicos censos y estimaciones sobre las circunstancias de operación de las calderas en el sector industrial mexicano, las condiciones y equipos para la toma de mediciones no son del todo accesibles, tanto como para usuarios como para consultores; por lo que en la medida de lo posible se sugiere hacer las mediciones mínimas necesarias.

#### **3.4.1.1. Descripción de los procesos en los cuales participa el vapor generado por el equipo objeto de análisis.**

Es importante realizar una breve descripción de los procesos en los que participa el o las calderas a las que se pretende implementar medidas de ahorro y uso eficiente de energía, concentrándose en describir brevemente las condiciones específicas de operación (equipos, presiones, temperaturas, líneas de distribución del vapor,

productos elaborados), de preferencia se deberá incluir un diagrama de flujo sencillo que permita visualizar con mayor rapidez el proceso.

### **3.4.1.2. Determinar/Verificar las necesidades de calor a satisfacer.**

Es fundamental dentro del análisis de sustitución de la caldera, determinar desde el inicio el correcto dimensionamiento de la caldera, ya que de ello dependerá la evaluación de la actual en términos de operación y servicio; es decir, la cantidad de energía consumida para una cantidad de vapor dada. Cabe mencionar que evaluar su desempeño también contempla el saber si está dando las condiciones de servicio requeridas y bajo las condiciones específicas necesarias para el usuario en su proceso de producción.

#### **3.4.1.2.1. Criterios a considerar en las necesidades de vapor (mínimo requerido)**

Para determinar las necesidades de calor que deberá satisfacer la caldera, se debe realizar un balance térmico el cual comprende un censo de cargas donde se registra las cantidades de calor y/o las cantidades de vapor utilizado en determinado proceso industrial, referido a un periodo de tiempo.

Se deberán enlistar las cargas térmicas equipo por equipo con sus pérdidas y finalmente se hacen dos resúmenes de cargas. La primera suma se hace sin discriminación de ninguna especie y la segunda se hace seleccionando las cargas que puedan ocurrir al momento de máxima demanda. Ésta segunda suma (comúnmente la menor de ambas) será la que defina la capacidad mínima de la caldera<sup>96</sup>.

Generalmente, el vapor usado en la industria láctea se usa como medio de calentamiento indirecto y contadas veces como un medio de presión. Para el caso de calentamiento indirecto se puede hablar de dos casos típicos de análisis:

- a) Se requiere calentar una masa dada hasta una temperatura “x”, en un periodo de tiempo “y”, y se tiene que determinar la cantidad de vapor requerido en Kg/h y su presión en Kg/cm<sup>2</sup>.
- b) Se requiere calentar y evaporar una masa dada en un periodo de tiempo “y”, y se debe determinar la cantidad de vapor requerido en Kg/h y su presión en Kg/cm<sup>2</sup>.

---

<sup>96</sup> (Cleaver Brooks, Selmecc S.A. de C.V., 2008)

Para el caso a) se determina el calor sensible, dado por la siguiente fórmula:

$$Q_s = W \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Donde:

$Q_s$  = Calor sensible

$W$  = Peso de la masa dada que deseamos calentar en una hora =  $\rho \cdot Q$

$Cp$  = Calor específico de la masa dada

$\Delta T$  = Incremento de temperatura

$Q$  = Caudal volumétrico

El incremento de temperatura lo define el proceso mismo a las condiciones iniciales y finales más desfavorables<sup>97</sup>:

$$\frac{kg}{h} \text{ de vapor} = \frac{Q_s}{H_{fg}}$$

Para determinar la cantidad de vapor requerido se debe dividir la cantidad de calor sensible  $Q_s$  entre el calor latente del vapor  $H_{fg}$  que se va a emplear.

La presión de trabajo se determina registrando la temperatura máxima requerida para el proceso y sumándole el abatimiento de la temperatura a través de la pared transmisora de calor y ese valor de temperatura se toma como de saturación en las tablas de vapor, para obtener la presión barométrica del lugar de instalación y obtenemos la presión manométrica requerida<sup>98</sup>.

El abatimiento de temperatura a través de las paredes transmisoras de calor depende del tipo de material y espesor del mismo, el cual no es fácil de obtener, por lo que se sugiere considerar un valor mínimo de 30°C y uno máximo de 50°C<sup>99</sup>. Si el uso de estos valores lo llevan a una posición crítica en cuanto a la presión de trabajo de caldera se refiere, se deberá considerar investigar este con precisión este abatimiento de temperatura<sup>100</sup>.

Para el caso del inciso b) se deberá determinar la cantidad de calor total (suma de calor sensible más latente):

$$Q_t = Q_l + Q_s$$

La parte de calor sensible, se calcula exactamente de la misma forma cómo se mostró en el inciso a), solamente que la temperatura final de la masa dada se determina como la temperatura de saturación a la presión absoluta que se encuentre dicha masa (barométrica/atmosférica más manométrica)<sup>101</sup>.

<sup>97</sup> (Cleaver Brooks, Selmech S.A. de C.V., 2008)

<sup>98</sup> Ídem

<sup>99</sup> Ídem

<sup>100</sup> Ídem

<sup>101</sup> Ídem

En lo que se refiere al calor latente (evaporización) y que es la mayor porción de calor, generalmente se refiere a la eliminación de la humedad, se determina<sup>102</sup>:

$$Q_l = W_l \cdot H$$

Donde:

$Q_l$  = Calor latente

$W_l$  = Peso de la porción que deseamos evaporar de la masa dada en una hora

$H$

= Calor latente de vaporización de la porción que deseamos eliminar de la masa dada

Finalmente, determinamos los kilogramos de vapor necesarios, como sigue:

$$\frac{kg}{h} \text{ de vapor} = \frac{Q_s + Q_l}{H_{fg}}$$

Para determinar la presión de trabajo, se sigue el mismo criterio mencionado en el inciso a).

Hasta aquí se ha mostrado como calcular las cantidades de vapor requeridas asociadas a un material o sustancia (en este caso, leche) que se ha denominado como masa del proceso; sin embargo, no se debe omitir calcular e incluir en el balance térmico el calor sensible que toman las máquinas o recipientes que se calientan por llevar consigo esa masa dada. El cálculo por las pérdidas por radiación o convección natural no son fáciles de determinar por lo que se sugiere utilizar un 10% de la carga térmica para equipos aislados correctamente y 20% para equipos sin aislamientos térmicos<sup>103</sup>.

#### 3.4.1.2.2. Ejemplo de Cálculo

Para ejemplificar los principales cálculos que se deben llevar a cabo en un balance térmico para tener el adecuado dimensionamiento de una caldera, se considera el proceso de pasteurización del yogurt y crema con los siguientes datos<sup>104</sup>:

---

<sup>102</sup> (Cleaver Brooks, Selmech S.A. de C.V., 2008)

<sup>103</sup> Ídem

<sup>104</sup> (Rincón & Urdaneta, 2013)

a) Pasteurizadores de placas

Yogurt:  
Carga de flujo: 4,000 l/h  
Temperatura: 40°C

Crema: Pailas con chaquetas  
Presión: 7 kg/cm<sup>2</sup>.  
Incremento de temp: 15.6-40.5°C

b) Intercambiadores de placas

Yogurt:

Carga de flujo: 4,000 l/h  
Temperatura: 60°C

c) Marmita (2 equipos)

Yogurt:

Capacidad: 5,000 l  
Presión de vapor: 50 psi  
Temperatura: 40°C por 3 h

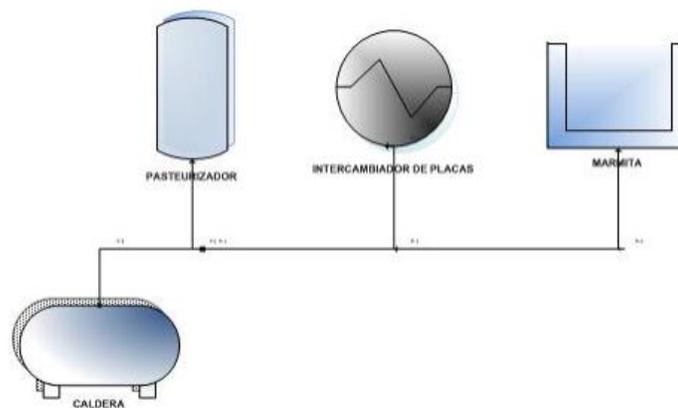


Imagen 23. Ejemplo de diagrama con usos finales de vapor,  
Fuente: (Díaz Vera & Cauja Vilema, 2009)

Es importante considerar, que para la elaboración del yogurt la caldera deberá suministrar el vapor de manera simultánea al pasteurizador, intercambiador de placas y marmita; mientras que para la crema solo al pasteurizador. Asimismo no se debe olvidar considerar para el caso de la crema adicionar las pérdidas por transporte de vapor hacia las chaquetas (1%) y las pérdidas por intercambio de calor con otras máquinas cercanas (1%)<sup>105</sup>.

a) Pasteurizador

$$\dot{m} = \frac{W \cdot C_p \cdot \Delta T}{H_{fg}}$$

<sup>105</sup> (AChEE, GIZ, 2006)

$$\dot{m} = \frac{(4000 \left[ \frac{l}{h} \right]) (1030 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]) (0.9 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right]) (90 - 60[^{\circ}C])}{(891.7 \left[ \frac{Btu}{lb_m} \right])}$$

Unificando unidades tenemos:

$$\dot{m} = \frac{(4000 \left[ \frac{l}{h} \right]) (1030 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]) (0.9 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right]) (90 - 60[^{\circ}C]) (0.001 \frac{m^3}{l})}{(891.7 \left[ \frac{Btu}{lb_m} \right]) (0.25 \left[ \frac{kcal}{Btu} \right]) \left( \frac{1}{0.45} \left[ \frac{lb_m}{kg} \right] \right)}$$

$$\dot{m} = 225.2 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

b) Intercambiador de placas:

$$\dot{m} = \frac{W \cdot Cp \cdot \Delta T}{H_{fg}}$$

$$\dot{m} = \frac{(4000 \left[ \frac{l}{h} \right]) (1030 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]) (0.9 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right]) (60 - 40[^{\circ}C])}{(891.7 \left[ \frac{Btu}{lb_m} \right])}$$

$$\dot{m} = 419 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

c) Marmitas:

$$\dot{m} = \frac{V \cdot \rho \cdot Cp \cdot \Delta T}{t \cdot H_{fg}}$$

$$\dot{m} = \frac{(5000[l]) (1030 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]) (0.9 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right]) (40 - 4[^{\circ}C])}{(3[h]) (891.7 \left[ \frac{Btu}{lb_m} \right])}$$

$$\dot{m} = 112.5 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

Para dos equipos:

$$\dot{m} = 225 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

Entonces la cantidad total de vapor requerido para el proceso de elaboración de yogurt sería:

$$\frac{kg}{h} \text{ de vapor} = 225.2 + 419 + 225 = 869.2 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

$$CC = \frac{869.2 \left[ \frac{kg}{h} \right]}{15.65 \left[ \frac{kg}{h} \right]} = 55.53$$

Finalmente se sugiere realizar una tabla resumen (como la mostrada en la Imagen 24) con las demandas de vapor por línea de producción y producto para equipos, materiales (producto) y pérdidas de calor asociadas (aislamientos principales), con el fin de sumar todos y conocer la capacidad de la o las calderas a utilizar así como las cargas simultáneas en máxima demanda, de acuerdo a los criterios de selección que se verán más adelante.

Para el caso del equipo que se analizó:

Proceso	Cant.	Unidades	T inicial	T final	ΔTemp	C esp.	Unidad	P. operación	Calor Latente	Unidad	CC
pasteurizado- Oaxaca previo	10,000	Kgs	7 °C	38 °C	31	0.93	Kcal/kg°C	5 Kgs/cm2	503.04	Kcal/kg°C	36.62
Fundido de Pasta 20 min	10,000	Kgs	38 °C	85 °C	47	0.93	Kcal/kg°C	5 Kgs/cm2	503.04	Kcal/kg°C	55.52
pasteurizado- Molido previo	10,000	Kgs	6 °C	75 °C	69	0.93	Kcal/kg°C	5 Kgs/cm2	503.04	Kcal/kg°C	81.51
pasteurizado- Molido previo	10,000	Kgs	8 °C	34 °C	26	0.93	Kcal/kg°C	5 Kgs/cm2	503.04	Kcal/kg°C	30.71
Requeson	4,000	Kgs	8 °C	92 °C	84	0.93	Kcal/kg°C	5 Kgs/cm2	503.04	Kcal/kg°C	39.69
Yogurth	2,000	Kgs	8 °C	68 °C	60	0.93	Kcal/kg°C	5 Kgs/cm2	503.04	Kcal/kg°C	14.18

Imagen 24. Tabla resumen de los requerimientos de vapor de caso estudio, Fuente: Datos proporcionados por el proveedor (FIDE).

### 3.4.1.2.3. Algunos valores recomendados para el sector lácteo:

Las bateas con chaquetas de vapor para la fabricación de crema y quesos requieren una presión de vapor de 7 Kg/cm<sup>2</sup> y de 15.6 - 40.5 °C, de

calentamiento, de acuerdo a fabricantes se tienen los siguientes datos<sup>106</sup> (tabla 14) prácticos para el dimensionamiento de la caldera requerida:

DATOS PRÁCTICOS PARA CREMERÍAS	
Masa de Crema kg	Capacidad de Vapor requerida CC
630	3.2
1,820	6.3
3,400	12.0
4,220	14.5
6,350	21.0

Tabla 14. Capacidades de calderas estandarizadas para cremerías.  
Fuente: (Cleaver Brooks, Selmec S.A. de C.V., 2008)

### 3.4.1.3. Levantamiento de información

Con la finalidad de que se pueda realizar una apropiada valoración y evaluación de las condiciones de operación actuales, así como dictaminar o validar comportamientos propios de la operación del equipo relacionados con su operación, localización, vida útil, frecuencia de uso, se deberá realizar una inspección visual del equipo y su operación con el fin de describir de manera general en la visita de inspección.

Lo anterior es importante ya que presenta también la oportunidad de determinar, además del rendimiento energético, la capacidad real de generación y la identificación de áreas de mejora operativa o de factores limitantes para obtener la generación máxima y óptima del generador de vapor, al momento de emitir ciertas recomendaciones como expertos.

Aún cuando las aplicaciones, usos finales, fuentes de pérdida y formas de la energía son numerosas, conceptualmente los procesos siguen patrones bien establecidos y sencillos en sus transformaciones de energía química – térmica – mecánica – eléctrica.

En la aplicación del formato de registro que se muestra abajo (Imagen 25) se puede observar que éste incluye la información que es útil revisar al momento de visitar la planta dentro de éste se incluye una sección para registrar las

<sup>106</sup> (Cleaver Brooks, Selmec S.A. de C.V., 2008)

mediciones, sin embargo, es recomendable registrar la información adicional que pueda apoyar específicamente cada caso.

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



DATOS GENERALES DE LA EMPRESA						
Nombre	LACTEOS DE XXXXXX SA DE CV		Dirección	Calle XXXX No. XX Col. XXXX		
Ciudad	XXXX	Estado	XXX	Tel.	11-11-11-22	C.P. XXXX
Giro de la Empresa	Elaboración de Queso Oaxaca, Requeson y yogurt			Área	Producción	
Personal Encargado	Ing. XXXXXXX			Fecha	21/05/2015	
DATOS SITIO						
Temperatura	27 °C	Humedad	75%	Altitud	30 msnm	
CALDERA						
ID	1	Área	Producción	Función:	Estandarización/pasteurización	
DATOS DE PLACA / CATÁLOGO						
Marca	Cleaver Brooks	Modelo	M 100 40 150 ST	Año Constr.	28/11/1992	
Serie	MX-6810	Sup. de calentamiento	----	Año Instalación	1998	
Potencia BHP	40 CC	Potencia Útil	----	Presión Diseño Máxima	10.5 kg/cm2	
Tipo	Piro tubular	Combustible	DIESEL	Generación de Vapor:		
No. de pasos	4	Eficiencia Caldera		Consumo de combustible:		
Presencia de (X):	Economizador	Pre calentador	Desareador	Norma (X):	<input checked="" type="checkbox"/> ASME	<input type="checkbox"/> DIN
DATOS DE OPERACIÓN						
Presión	71 psi	Temperatura	244 °C	Porcentaje de carga	100%	
Horas de Op./día	17	Días al año	345	Paros al año:	1	
Tensión Circ. Princ.	440/220 V	Capac. Válv. de Seg				
Régimen de Operación (X):	<input checked="" type="checkbox"/> CONTINUO	<input type="checkbox"/> temporada	<input type="checkbox"/> Temporada de Operación			
QUEMADOR						
Marca		Modelo		Año Constr.		
Potencia Max		Potencia Mín				
MEDICIONES						
Periodo de monitoreo	INSTANTANEO		No. de Muestras	5		
Observaciones:	Se espero a que las condiciones de operación fueran las apropiadas					
AGUA DE ALIMENTACIÓN				CHIMENEA		
Flujo				Análisis de Gases		
Temperatura	140 °F			Temperatura en Chimenea	Exc. Aire	113.90%
Presión	71 PSI			CO2	7%	CO
Conductividad				O2	11.50%	CH
Tratamiento:	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO		VAPOR		
PURGAS				COMBUSTIBLE		
Temperatura				Flujo		
Flujo				Temperatura		
Presión				Presión	71 psi	
No. de Purgas				COMBUSTIBLE		
Duración de Purgas				Flujo		
Sólidos Totales				Temperatura		
				Presión		
CONSUMOS						
AGUA ALIMENT/REPOS	721 m3/año	---		COMBUSTIBLE	94,352.09 Lt/año	
MANTENIMIENTO / CONTROL						
AISLAMIENTO DE TUBERIAS		<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	OBSERVACIONES		
MANTENIMIENTO		<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	TIPO (X):	<input type="checkbox"/> PREDICTIVO	<input checked="" type="checkbox"/> PREVENTIVO
FRECUENCIA		DURACIÓN		PERSONAL:	<input type="checkbox"/> PROPIO	<input checked="" type="checkbox"/> EXTERNO
LAVADO QUÍMICO	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO	PRUEBA HIDROSTÁTICA	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO	
CONTROL:	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO	REVISIÓN: PARTES	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	EQUIPOS: <input checked="" type="checkbox"/> SI
						<input type="checkbox"/> NO
OTROS CONSUMIDORES						
COMBUSTIBLES				VAPOR		
CALDERAS	<input checked="" type="checkbox"/>	CALEFACTORES		CALEFACCIÓN	PROD. EN FRÍO	<input checked="" type="checkbox"/>
COCINAS		SECADORES		LAVANDERÍA	LAVANDERÍA	
INCINERADORES		CHIMENEAS		HUMIDIFICACIÓN	OTROS	
HORNOS	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS		COCINA		
DATOS DE INSPECCION						
CLIENTE				PROVEEDOR		
SUPERVISÓ Y VERIFICÓ:		Ing. XXXXX XXXX		REALIZÓ:		Ing. XXXXXXXX
FIRMA		CARGO:	Mantenimiento	FIRMA		CARGO:
						Proyectos

Imagen 25. Aplicación de formato de levantamiento de datos caso estudio.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.4. Determinar la eficiencia del equipo actual

En términos generales la eficiencia de una caldera está definida como la relación entre el calor útil aprovechado por el fluido (agua y vapor) en la caldera y el calor que suministra el combustible consumido al mismo en una hora, de acuerdo a diversos autores<sup>107</sup>.

Sin embargo, dentro del sistema de generación de vapor esta definición se vuelve más compleja al considerar los demás elementos que componen el sistema, por lo que se consideran diferentes tipos de eficiencias: de combustible, térmica, combustible-vapor, distribución, bruta, total, etc. Por lo que se deberá distinguir de manera adecuada entre estas la que se desea obtener para llevar a cabo la optimización correspondiente bajo las mismas condiciones<sup>108</sup>.

La importancia de la determinación de la eficiencia operativa de la caldera radica en que será la base de comparación entre la situación antes de la optimización y después de esta; por lo que deberá procurarse seleccionar el más adecuado de acuerdo con la información disponible.

Los métodos aquí considerados se basan en el Código de Pruebas de Potencia (PTC) 4.1 de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME, por sus siglas en inglés); los cuales son los más utilizados en la actualidad y además de ayudan a determinar la eficiencia del generador de vapor, permite conocer otros parámetros como son: capacidad real del generador, características de operación a determinada carga, factor de carga, etc.<sup>109</sup>

#### 3.4.1.4.1. Métodos para determinar la eficiencia de una caldera

##### Método Directo:

- Definición:

También denominado como método de entrada y salida, se basa en la relación de la energía que la caldera entrega y la que esta recibe para su transformación y se

---

<sup>107</sup> (AChEE, GIZ, 2006), (Cleaver Brooks, Selmech S.A. de C.V., 2008)

<sup>108</sup> (Plauchú Lima, 2006)

<sup>109</sup> (ASME)

determina como el cociente del primer término entre el segundo (ambas en las mismas unidades térmicas) y multiplicando el resultado por cien, para obtener el porcentaje (%); en otras palabras en este método se mide el calor absorbido por el agua y el vapor generado o de salida y se compara con la energía total de entrada, dada por el poder calorífico superior del combustible de entrada y el consumo de combustible<sup>110</sup>. En ecuaciones:

$$\eta = \frac{\text{calor aprovechado}}{\text{calor suministrado}} \cdot 100\% \quad \text{ó} \quad \eta = \frac{\text{energía salida}}{\text{energía entrada}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{W(H_v - H_1)}{P_c \cdot C_c} \cdot 100\%$$

Donde:

- $\eta$  = Eficiencia del generador de vapor
- $W$  = Peso del vapor producido por hora
- $H_v$  = Entalpía del vapor a la salida
- $H_1$  = Entalpía del agua a la entrada
- $P_c$  = Poder calórico del combustible
- $C_c$  = Cantidad del combustible quemado por hora, en peso

- Condiciones particulares de Medición:

Periodo de prueba: 2 a 6 horas

Precauciones: asegurarse de que no existan fugas en las líneas, bloqueos o cualquier otro flujo secundario que pueda causar errores en las mediciones de flujo. No deben realizarse purgas o desmineralizaciones durante la prueba; de no poder ser esto así se deberá compensar: determinar el flujo de agua de purga y el calor absorbido por esta deberá agregarse a la salida efectiva del evaporador<sup>111</sup>.

- Variables a medir para la aplicación del método<sup>112</sup>:

1. Poder calorífico superior del combustible
2. Flujo del combustible
3. Humedad del combustible
4. Flujo de aire para la combustión
5. Temperatura del aire para la combustión
6. Flujo de vapor generado
7. Temperatura del vapor generado

<sup>110</sup> (Clever Brooks, Selmech S.A. de C.V., 2008)

<sup>111</sup> (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007)

<sup>112</sup> (AChEE, GIZ, 2006)

8. Presión del vapor generado
9. Calidad del vapor generado
10. Flujo del agua de alimentación
11. Temperatura del agua de alimentación
12. Presión del agua de alimentación
13. Temperatura de los gases de chimenea

➤ Errores probables de medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia:

En la imagen siguiente se observa los errores probables de medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia, cabe mencionar que el rango de errores que pueden registrarse en los diferentes instrumentos de medición en laboratorio de prueba de acuerdo con el código ASME PTC 4.1, Sección 3

<b>MÉTODO ENTRADAS Y SALIDAS</b>		
<b>MEDICIÓN</b>	<b>ERROR EN MEDICIÓN, %</b>	<b>ERROR EN EFICIENCIA DE G.V., %</b>
Tanques pesadores (básculas calibradas)	+/- 0.10	+/- 0.10
Tanques medidores (escalas calibradas)	+/- 0.25	+/- 0.25
Tobera u orificio de flujo calibrado (incluyendo manómetro)	+/- 0.35	+/- 0.35
Tobera u orificio de flujo calibrado (incluyendo registrador)	+/- 0.55	+/- 0.55
Tobera u orificio de flujo no calibrado (incluyendo manómetro)	+/- 1.25	+/- 1.25
Tobera u orificio de flujo no calibrado (incluyendo registrador)	+/- 1.60	+/- 1.60
Poder Calorífico (gas y combustóleo)	+/- 0.35	+/- 0.35
Temperatura de salida del sobrecalentador (calibrado)	+/- 0.25	+/- 0.25
Presión de salida del sobrecalentador (calibrado)	+/- 1.00	+/- 1.00
Temperatura de agua de alimentación (calibrado)	+/- 0.25	+/- 0.25

Imagen 26. Errores probables de Medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia, Fuente: (ASME PTC 4.1, Sección 3)

## Método Indirecto:

➤ Definición:

También denominado como método de las pérdidas de calor, se basa en la determinación de la eficiencia a través de la resta de las pérdidas individuales unitarias de energía, para obtener el porcentaje de eficiencia<sup>113</sup>

$$\eta = \frac{\text{calor suministrado} - \text{calor perdido}}{\text{calor suministrado}} \cdot 100\% \quad \text{ó} \quad \eta = \frac{\text{entrada} - \text{pérdidas} + \text{créditos}}{\text{entrada}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 1 - \frac{(\text{pérdidas} - \text{créditos})}{\text{entrada}} \cdot 100\%$$

<sup>113</sup> (Clever Brooks, Selmech S.A. de C.V., 2008)

$$\eta = \frac{Q_s - Q_p}{Q_s} \cdot 100\% \qquad \eta = 1 - \frac{Q_p}{Q_s} \cdot 100\%$$

Donde:

$Q_s$  = Calor suministrado

$Q_p$  = Calor perdido

- Condiciones particulares de Medición

Periodo de prueba: 1 a 3 horas

- Variables a medir para la aplicación del método<sup>114</sup>:
  1. Poder calorífico superior del combustible
  2. Flujo del combustible
  3. Temperatura del combustible
  4. Análisis elemental del combustible
  5. Flujo presión y temperatura del vapor de atomización
  6. Flujo de aire para la combustión
  7. Temperatura del aire para la combustión
  8. Humedad del aire para la combustión
  9. Flujo del vapor generado
  10. Temperatura del vapor generado
  11. Presión del vapor generado
  12. Flujo del agua de alimentación
  13. Temperatura del agua de alimentación
  14. Presión del agua de alimentación
  15. Flujo, presión y temperatura del agua de atemperación
  16. Análisis de los gases de combustión
  17. Temperatura de los gases de combustión
  18. Combustibles si quemar arrastrados en los gases de combustión
  19. Combustibles si quemar arrastrados en colectores de polvo
  20. Combustibles si quemar arrastrados en escorias
  21. Combustible rechazado en el pulverizador de carbón
  22. Temperatura, presión y flujo de vapor para operar auxiliares
  23. Potencia eléctrica para operar auxiliares
- Errores probables de medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia:

---

<sup>114</sup> (AChEE, GIZ, 2006)

Los errores probables de medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia, se muestran en la imagen abajo se puede observar que los valores recomendado son relativamente bajos, además de que dan cuenta de los factores indirectos que infieren en la determinación de la eficiencia de la caldera independientemente del diseño y/o capacidad de ésta.:

#### MÉTODO DE PÉRDIDAS

Poder calorífico (gas y combustóleo)	+/- 0.35	+/- 0.02
Análisis de gases Orsay	+/- 3.00	+/- 0.30
Temperatura de salida de gases de combustión (calibrado)	+/- 0.50	+/- 0.02
Temperatura de aire de combustión (calibrado)	+/- 0.50	+/- 0.00
Humedad del combustible	+/- 1.00	+/- 0.00

Imagen 27. Errores probables de Medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia,  
Fuente: (ASME PTC 4.1, Sección 3)

#### 3.4.1.4.2. Ventajas y desventajas comparativas entre los métodos

En relación con la aplicación de ambos métodos podría decirse que son equivalentes y podrían dar idénticos resultados para determinar la eficiencia de una caldera, si los factores requeridos en el balance térmico o pérdidas de calor fueran generados por mediciones realizadas sin error en una caldera<sup>115</sup>, respecto a la selección del método a utilizarse se deben considerar las facilidades existentes en la industria, la disponibilidad de instrumentos de alta precisión y el rango de tolerancia de incertidumbre admisible en las mediciones en los flujos de y contenidos de energía entrantes y salientes.

De manera específica en la tabla 15 podemos apreciar puntualmente las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos en cuanto a los elementos que consideran, la cantidad de mediciones necesarias, preparación de pruebas e incertidumbre de resultados y cálculos necesarios.

<sup>115</sup> (Plauchú Lima, 2006)

Concepto	Métodos	
	Directo	Indirecto
Ventajas	Todas las pérdidas son consideradas en la medición	Requiere menos preparación de prueba
	No es necesaria la estimación de algunas pérdidas	Localiza y determina la magnitud de las pérdidas de energía
	Requiere pocas mediciones	El nivel de incertidumbre en los resultados es frecuentemente menor
		Las mediciones primarias (comp. y temp. de combustión) puede hacerse de manera exacta y con equipos relativamente simples
Desventajas	Instrumentación de prueba difícil y costosa	Requiere muchos datos de medición
	Requiere mediciones muy precisas para minimizar el nivel de incertidumbre	Requiere muchos cálculos asociados a las pérdidas de calor
	No identifica ni localiza las pérdidas de energía	

Tabla 15. Tabla comparativa ventajas y desventajas métodos directo e indirecto,

Fuente: Elaboración propia con información de (Gómez Clerencia, Vakklainen, & Royo Herrer, 2011), (Cleaver Brooks, Selmeç S.A. de C.V., 2008), (Plauchú Lima, 2006), (Plauchú Alcántara & Plauchú Lima, 2006)

### 3.4.1.4.3. Ejemplo de aplicación (memoria de cálculo)

Derivado de las características que se han descrito de ambos tipos de métodos se ha elegido usar el método indirecto por las facilidades que ofrece en relación con las variables que se tiene que medir en campo y por el menor margen de error que se genera en los resultados.

#### Presentación del caso estudio:

Industria láctea ubicada en Tampico, Tamaulipas.  
 Caldera: Pirotubular de 1 paso Marca: Cleaver Brooks  
 Combustible: Diesel  
 Capacidad: 60 CC  
 Presión de Operación: 71 PSI  
 Horas de trabajo promedio: 5,120

Analizador de Gases:

Resultado de la prueba de gases aplicada al objeto de estudio (Imagen 28).

0118ME

**BACHARACH**

BACHARACH, INC.  
PCA 3  
SN: US1000

=====  
Hora: 09:25:20  
Fecha: 21/05/15  
=====  
Combustible  
ACE2

O <sub>2</sub>	11.5 %
CO	3 ppm
Eff	78.5 %
CO <sub>2</sub>	7.0 %
T-Stk	244 °C
T-Air	27.0 °C
EA	113.9 %
CO (0)	8 ppm
NO	*** ppm
NO <sub>2</sub>	*** ppm
NOx	*** ppm
SO <sub>2</sub>	*** ppm
NO (0)	*** ppm
NO <sub>2</sub> (0)	*** ppm
NOx (0)	*** ppm
SO <sub>2</sub> (0)	*** ppm

Imagen 28. Análisis de gases caso estudio,  
Fuente: Datos proporcionados por el proveedor (FIDE)

Equipo: M-100-400 150 ST  
 Marca: BACHARACH  
 Fecha: 21 de mayo de 2015  
 PCI Diesel: 10,146 kcal/kg  
 Densidad Diesel: 0.849 kg/lt  
 Consumo de Combustible: 98.5 lt/h /83.6 kg/h

Además con la información del análisis del Diesel investigada para este caso y que se resume en la tabla 16:

Componente	Símbolo	% Peso	Peso molecular g/mol
Carbono	C	85.90%	12
Hidrógeno	H2	12.00%	2
Oxígeno	O2	0.70%	32
Nitrógeno	N2	0.50%	28
Azufre	S	0.50%	32
Agua	H2O	0.40%	18

Tabla 16 Análisis del Diesel.  
Fuente: (AChEE, GIZ, 2006)

Cálculo de las pérdidas de energía en gases de combustión por kilogramo de combustible quemado:

a) Pérdida de calor sensible en gases secos

$$Q_{gs} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = m_{gs} \left[ \frac{kg_{gs}}{kg_{diesel}} \right] C_{p_{gs}} \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right] (T_g - T_{ref}) [^{\circ}C]$$

$$m_{gs} \left[ \frac{kg_{gs}}{kg_{diesel}} \right] = \left[ 1 + m_{as} \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right] \right] - 9 \cdot \%H_2^{peso}$$

$$m_{as} \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right] = (A/C)_{st} \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right] \cdot (1 + e)$$

Consideraciones:

$$(A/C)_{st} = 14.137 \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right]$$

$$e = 113.9\%$$

Entonces:

$$m_{as} \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right] = 14.137 \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right] \cdot (1 + 1.139)$$

$$m_{as} = 30.24 \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right]$$

$$m_{gs} \left[ \frac{kg_{gs}}{kg_{diesel}} \right] = \left[ 1 + 30.24 \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right] \right] - 9 \cdot 0.12\%$$

$$m_{gs} = 30.16 \left[ \frac{kg_{gs}}{kg_{diesel}} \right]$$

$$Q_{gs} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = 30.16 \left[ \frac{kg_{gs}}{kg_{diesel}} \right] 0.243 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right] (244 - 27) [^{\circ}C]$$

$$Q_{gs} = 1,590.37 \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right]$$

b) Pérdida de calor en el vapor de agua proveniente del hidrógeno del combustible:

Consideraciones:

Se utilizará una aproximación para el calor latente a la presión parcial del vapor de agua en los gases de combustión de 584 kcal/kg<sub>H<sub>2</sub>O</sub>

$$Q_{H_2} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = 9 \left[ \frac{kg_{H_2O}}{kg_{H_2}} \right] \cdot \%H_2^{peso} \left( 584 \left[ \frac{kcal}{kg_{H_2O}} \right] + C_{p_{H_2O}^{vapor}} \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right] (T_g - T_{ref}) [^{\circ}C] \right)$$

$$Q_{H_2} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = 9 \left[ \frac{kg_{H_2O}}{kg_{H_2}} \right] \cdot 0.12 \left( 584 \left[ \frac{kcal}{kg_{H_2O}} \right] + 0.45 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right] (244 - 27) [^{\circ}C] \right)$$

$$Q_{H_2} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = 9 \left[ \frac{kg_{H_2O}}{kg_{H_2}} \right] \cdot 0.12 \left( 584 \left[ \frac{kcal}{kg_{H_2O}} \right] + 0.45 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right] (244 - 27) [^{\circ}C] \right)$$

$$Q_{H_2} = 736.18 \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right]$$

c) Pérdida de calor por vapor de agua proveniente de la humedad del aire

Consideraciones:

El contenido de humedad del aire, se obtiene de diagrama psicométrico del aire para una temperatura ambiente de 20°C y una humedad relativa de 60% (H<sub>aire</sub>=0.009 kg<sub>H<sub>2</sub>O</sub>/kg<sub>aire seco</sub>)

$$Q_{H_2O}^{aire} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = m_{as} \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right] \cdot H_{aire} \left[ \frac{kg_{H_2O}}{kg_{aire\ seco}} \right] \cdot C_{p_{H_2O}^{vapor}} \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right] (T_g - T_{ref}) [^{\circ}C]$$

$$Q_{H_2O}^{aire} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = 30.24 \left[ \frac{kg_{aire\ seco}}{kg_{diesel}} \right] \cdot 0.009 \left[ \frac{kg_{H_2O}}{kg_{aire\ seco}} \right] \cdot 0.45 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right] (244 - 27) [^{\circ}C]$$

$$Q_{H_2O}^{aire} = 26.57 \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right]$$

d) Pérdida de calor por combustión incompleta del carbono

Consideraciones:

Calor que libera la combustión completa del carbono al producir CO<sub>2</sub>: 8.084 kcal/kg<sub>carbono</sub>

Calor que libera la combustión incompleta del carbono al producir CO: 2.43 kcal/kg<sub>carbono</sub>

$$Q_{CO} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = \%C_{diesel}^{peso} \cdot \frac{\%CO^{molar}}{\%CO_2^{molar} + \%CO^{molar}} \cdot (8.084 - 2.430) \left[ \frac{kcal}{kg_{carbono}} \right]$$

$$Q_{CO} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = 0.859 \cdot \frac{0.000003}{0.07 + 0.000003} \cdot (8.084 - 2.430) \left[ \frac{kcal}{kg_{carbono}} \right]$$

$$Q_{CO} \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right] = 0.859 \cdot \frac{0.000003}{0.07 + 0.000003} \cdot (5.654) \left[ \frac{kcal}{kg_{carbono}} \right]$$

$$Q_{CO} = 0.0002 \left[ \frac{kcal}{kg_{diesel}} \right]$$

Finalmente, la Tabla 17 resume las pérdidas de energía asociadas con el análisis de los gases de combustión.

Se puede observar que el impacto correspondiente a la humedad del aire es menor junto con el correspondiente valor de pérdida por CO, el cual para representar una afectación significativa deberá ser un valor que ronde en un rango de miles de ppm.

consumo diesel	83.6	kg/h
PCI	10146	kcal/kg

Tipo de Pérdida	Pérdida de energía en gases		
	kcal/kg <sub>diesel</sub>	kcal/h	%PCI
Q <sub>gs</sub>	1,590.37	132,954.93	15.67%
Q <sub>H2</sub>	736.18	61,544.65	7.26%
Q <sub>H2O aire</sub>	26.57	2,221.25	0.26%
Q <sub>CO</sub>	0.0002	0.02	0.00%
Total	2,353.12	196,720.85	23.19%

<b>Eficiencia de la combustión</b>	<b>76.81%</b>
------------------------------------	---------------

Tabla 17. Tabla resumen de análisis de combustión caso estudio,  
Fuente: Elaboración propia con información de (AChEE, GIZ, 2006)

Asimismo, se puede observar que la mayor parte de las pérdidas asociadas a los gases de combustión están relacionadas con el calor sensible en los gases secos ( $Q_{gs}$ ); el cual se ve directamente afectado por el exceso de aire “e” en la combustión, el cual es de 113% (según el resultado en medición), lo cual se ve reflejado en la baja producción de CO (3 ppm).

Los rangos de este valor afectan directamente la eficiencia de la caldera, podría decirse que un valor sugerido o “normal” que se pudiera considerar de acuerdo al tipo de combustible es de un rango aproximado de 20% a 60%. Otro de los factores que afecta la eficiencia está relacionado con la pérdida de calor proveniente del vapor de agua proveniente de la humedad del aire, la cual está relacionada con la calidad del combustible suministrado, situación en la que la mayoría de los casos poco es lo que se puede solucionar.

#### Pérdidas por radiación y convección

Las pérdidas por radiación y convección en el exterior de una caldera pueden causar una gran pérdida de eficiencia en una caldera, si no se le da un buen mantenimiento al refractario y aislamiento de la misma<sup>116</sup>. Para el cálculo de las mismas se sugiere realizar el levantamiento de los siguientes datos:

- Largo de caldera
- Diámetro de caldera
- Temperatura manto cilíndrico
- Temperatura tapa posterior
- Temperatura frente

Y calcularlo a través de la NOM-009-ENER<sup>117</sup>, y no considera lo que pasa entre la superficie, el material aislante y la pared de acero de la caldera; sino, únicamente la temperatura de la superficie hacia el exterior:

$$Q_{rad y conv} \left[ \frac{kcal}{h} \right] = Sup[m^2] + q \left[ \frac{W}{m^2} \right] + 0.86 \left[ \frac{kcal}{Wh} \right]$$

Expresando el resultado en porcentaje respecto de la energía aportada por el combustible a la caldera. Sin embargo, como para este caso no se dispone de esa información, se toma el valor de 2% aproximado en relación con su capacidad de producción, de acuerdo con la imagen 29.

<sup>116</sup> (AChEE, GIZ, 2006)

<sup>117</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 2014)

Tamaño de la caldera	Pérdidas por radiación
90 000 kg vapor/hora	0,5%
45 500 kg vapor/hora	0,7%
23 00 kg vapor/hora	0,9%
9 000 kg vapor/hora	1,0%
menores a 9 000 kg vapor/hora	1,1 a 3%

Imagen 29 Pérdidas por radiación dependiendo del tamaño de la caldera,  
Fuente: (AChEE, GIZ, 2006)

Por lo que la eficiencia total de la caldera está dada por:

$$\eta_{caldera} = 74.81\%$$

### 3.4.1.5. Evaluación del dimensionamiento

De acuerdo a las necesidades de vapor calculadas anteriormente se puede determinar si la caldera está trabajando en el factor de carga adecuado, conforme a las necesidades de la industria, ya un sobredimensionamiento o subdimensionamiento implican grandes pérdidas de dinero para la industria.

### 3.4.1.6. Consideración para el establecimiento de la Línea Base e Índices Energéticos en calderas

La finalidad de implementar una medida de optimización y mejoramiento de eficiencia energética como un proyecto consiste en obtener un beneficio el cual debe ser palpable energéticamente y en términos de desempeño de manera que puedan ser comprobables los beneficios y registrar una evidencia documentada del éxito de su aplicación.

Para tal fin es conveniente llevar a cabo un registro documental de los consumos actuales de la caldera, para tal fin se sugiere documentar y registrar los consumos históricos energéticos de un año (térmico y eléctrico) a través de los recibos de facturación de energía eléctrica y combustibles. Para evaluar el consumo total se deberá hacer un balance energético total y uno ponderado que permita identificar los mayores consumos y su rubro

En lo que respecta a la sustitución de la caldera, una vez conocida su eficiencia, permitirá reconocer el impacto energético sobre el consumo térmico total, el cual deberá guardar lógica con las horas de operación y otros equipos consumidores del mismo tipo de energía usada. Se sugiere para tal fin usar como valores de referencia los porcentajes mencionados anteriormente de acuerdo al índice energético que se esté analizando.

Posteriormente se deberán evaluar los índices de consumo energético en la planta, para lo cual se sugiere elaborar cronogramas de los consumos de vapor y energía eléctrica en las líneas de proceso por producto; para que sea más sencillo caracterizar cada uno de los procesos de producción a partir de estos portadores energéticos.

Entonces establecer estos índices por línea de producción, conociendo además los consumos energéticos, los costos por producto, ayudará a la toma de decisiones y permitirá establecer una política empresarial en caminata al uso racional de energía en los procesos para mejorar la competitividad.

A continuación se definen algunos índices o indicadores energéticos que son útiles independientemente del sector que se esté analizando, este listado muestra la relación entre la diversa información que se requiere para evaluar los equipos y en su conjunto permite caracterizar y evaluar un sistema de generación de vapor, la selección de los indicadores dependerá por su puesto de la información con que se cuente, en este sentido, cabe resaltar que el formato de levantamiento propuesto incluye varias secciones con el propósito de recopilar la información relacionada<sup>118</sup>:

$$\frac{t_v}{t_c} = \frac{\textit{Producción de vapor}}{\textit{Consumo de combustible}}$$

$$\frac{t_c}{t_p} = \frac{\textit{Consumo de combustible}}{\textit{Cantidad de producto}}$$

$$\frac{kWh}{t_v} = \frac{\textit{Consumo de energía eléctrica}}{\textit{Producción de vapor}}$$

$$\frac{t_a}{t_v} = \frac{\textit{Consumo de agua de repuesto}}{\textit{Producción de vapor}}$$

$$\frac{\$}{MMCal} = \frac{\textit{Costo de combustible}}{\textit{Millón de calorías útiles}}$$

$$\frac{\$}{t_v} = \frac{\textit{Costo de producción}}{\textit{Producción de vapor}}$$

$$\frac{\$}{t_p} = \frac{\textit{Costo de producción}}{\textit{Cantidad de producto}}$$

---

<sup>118</sup> (Plauchú Lima, 2006)

$$\frac{\$}{l_p} = \frac{\text{Costo de producción}}{\text{Cantidad de producto}}$$

### 3.4.1.7. Propuesta de la Caldera de Alta Eficiencia

Para determinar la mejor selección de una caldera se deben considerar los siguientes factores<sup>119</sup>:

- Cálculo preciso de la demanda de vapor que se está requiriendo (determina la y capacidad real de la caldera).
- Presión de operación para el buen desarrollo del proceso (en el alcance se determinó el rango de la presión de trabajo de la industria láctea).
- Agua de alimentación disponible (se relaciona con la duración de la caldera y su buen funcionamiento).
- Tiempo de operación diaria de la caldera (demanda de vapor continua y elección del combustible).
- Número de unidades conforme a la demanda de vapor. Si la demanda de vapor es muy grande, es recomendable adquirir dos o más calderas de la misma capacidad (mayor flexibilidad de mantenimiento y respaldo ante momentos críticos).
- Disponibilidad, costo, limpieza, almacenamiento y operación como características principales del combustible a considerar. Así como las características de los equipos asociados (mantenimiento de quemadores). Cabe mencionar que la relación costo beneficio del combustible y su capacidad de transferencia de energía están íntimamente relacionados con los costos de producción; por tal motivo el simple hecho de realizar un cambio de combustible representa una inversión con una rentabilidad atractiva, y,
- Espacio disponible.

En la actualidad existen variedad de fabricantes que ofrecen distintos diseños, capacidades y opciones de control que incrementan considerablemente la eficiencia de los sistemas de generación de vapor.

## 3.5. Normativa aplicable

Las calderas son equipos que, por sus características, construcción y diseño, requieren de una cuidadosa regulación técnica enfocada a sus atributos, métodos de prueba, instalación, seguridad, servicios, etcétera; en consecuencia, se vuelve imprescindible conocer y describir de manera general cómo es el panorama normativo de estos equipos en México.

---

<sup>119</sup> (Clever Brooks, Selmeq S.A. de C.V., 2008)

A nivel nacional la normativa aplicable a calderas, se clasifica de acuerdo al rubro o campo de aplicación, estos rubros son: fabricación, eficiencia energética, seguridad, ambiental, entre otros. A continuación, conforme a estos rubros, se lleva a cabo su respectiva descripción:

➤ Fabricación:

Al día de hoy, en México no existe una norma mexicana que atienda el rubro de fabricación de calderas<sup>120</sup>; estos equipos(), se diseñan, calculan y construyen considerando como norma, a la Norma Americana denominada Código ASME, reconocida por el medio como una de las normas más exigentes a nivel mundial. ASME fue fundada en 1880, con el objetivo de mejorar la seguridad y el diseño de equipos relacionados con la generación de vapor por iniciativa de las grandes compañías aseguradoras debido a la enorme cantidad de explosiones fatales de calderas que ocurrían año con año en aquella época<sup>121</sup>.

Las calderas fabricadas bajo este código tienen requisitos mínimos de diseño, cálculo y fabricación que permiten asegurar al usuario final una larga y segura vida útil de la caldera, así como una operación confiable; asimismo con respecto a los requerimientos de materiales son mucho más estrictos y con mayores espesores de materiales que los considerados en los códigos europeos o asiáticos<sup>122</sup>.

➤ Eficiencia Energética:

Al igual que sucede con el caso de la normatividad para la construcción de calderas, en el caso de la evaluación del desempeño energético, no se cuenta con una norma para calderas en cuestión de eficiencia energética. El país se rige, solamente por el código de pruebas de aplicación internacional: ASME PTC 4.1<sup>123</sup>. El propósito de dicho código es establecer el procedimiento para conducir pruebas de comportamiento que determinen la eficiencia y capacidad de una caldera, así como la determinación de otras características operativas tales como: rango de control, temperatura de vapor, temperatura de salida de los gases, pérdidas de tiro y de presión en circuitos de vapor, agua y aire, contenidos de sólidos en vapor y fugas de aire. Su contenido consiste básicamente en un aparatado dedicado a la definición de términos empleados en el Código, formatos que involucran el marco o envolvente con la jurisdicción, alcance y puntos terminales del sistema, balance térmico del generador de vapor, diagrama simplificado del generador de vapor, resumen de acopio de información y lecturas, hojas de cálculos. También toma en cuenta los grados de aplicación del código en general (Métodos a emplear, créditos a medir o supuestos, pérdidas de calor medibles o supuestas y desviaciones

<sup>120</sup> Entre los fabricantes reconocidos a nivel nacional se encuentran: Leflam, PIMMSA, MYRGGGO, León

<sup>121</sup> (Calderas Powermaster, 2009)

<sup>122</sup> Ídem

<sup>123</sup> (ASME)

permisibles), condiciones de prueba, criterios de aplicación, interpretación de valores de eficiencia y limitaciones y puntos terminales del código<sup>124</sup>.

En la investigación realizada se encontró que México tuvo algunas normas de eficiencia energética para estos equipos, a saber:

- La NOM-002-ENER-1995, Eficiencia térmica de calderas paquete. Especificaciones y método de prueba<sup>125</sup>, la cual era aplicable a calderas paquete nuevas de tubos de humo y tubos de agua sin equipo de recuperación de calor con capacidades de 100 hasta 8000 kW, presión de hasta 1 MPa y temperatura de saturación. El documento contenía varias definiciones técnicas entre las que destacan la obtención de la eficiencia térmica a través de los métodos directo e indirecto. Asimismo, establecía la eficiencia mínima de las calderas con base en el poder calorífico superior del combustible, las cuales variaban además del tipo de combustible, por el tipo de caldera y su capacidad principalmente, en un rango de 74 hasta 80%. Finalmente establecía también otras cosas, el muestreo, método de prueba, marcado y vigilancia.

Esta Norma fue cancelada 7 de agosto de 2003, debido a que, según se menciona, a la fecha no se ha logrado desarrollar la infraestructura para la evaluación de la conformidad con esta Norma por falta de interés de los sectores fabricante y consumidor; según la resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF).<sup>126</sup>

- La NOM-012-ENER-1996 “Eficiencia térmica de calderas de baja capacidad (7.5 a 100 kW). Especificaciones y método de prueba”<sup>127</sup>, la cual era aplicable a calderas de baja capacidad nuevas de tubos de humo y tubos de agua sin equipo de recuperación de calor con capacidades de 7.5 hasta 100 kW, presión de hasta 1 MPa y temperatura de saturación. El documento contenía varias definiciones técnicas entre las que destacan la obtención de la eficiencia térmica a través de los métodos directo e indirecto. Asimismo, establecía la eficiencia mínima de las calderas con base en el poder calorífico inferior del combustible y a la presión normal de operación, las cuales variaban además del tipo de combustible, por el tipo de caldera principalmente, estableciendo un valor mínimo de 76% tanto para acuatubulares como piro-tubulares. Finalmente establecía también otras cosas, el muestreo, método de prueba, marcado y vigilancia.

Esta Norma fue cancelada el 21 de agosto de 2003, debido a que, según se menciona, a la fecha no se ha logrado desarrollar la infraestructura para la

<sup>124</sup> (Plauchú Alcántara & Plauchú Lima, 2006)

<sup>125</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 1995)

<sup>126</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 2003)

<sup>127</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 1996)

evaluación de la conformidad con esta Norma por falta de interés de los sectores fabricante y consumidor; según la resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF).<sup>128</sup>

Sin embargo, existe una norma, que no es específica para calderas, pero que puede auxiliar en la mejora de la eficiencia de los sistemas de vapor:

- La NOM-009-ENER-2014, “Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales”<sup>129</sup>. La cual es aplicable a los sistemas de aislamientos térmicos industriales nuevos o las ampliaciones y modificaciones que se realicen y que operen a alta y baja temperatura en los siguientes intervalos: alta temperatura: de 298 K (25°C) y hasta 923 K (650°C) y baja temperatura: menores de 298 K (25°C) y hasta 73 K (-200°C), con un par de excepciones involucradas con diseños específicos. El documento contiene varias definiciones técnicas entre las que destacan la máxima densidad de flujo térmico. Asimismo, establece el cumplimiento de la máxima densidad de flujo térmico a alta y baja temperatura con base en la temperatura de operación y al tamaño nominal de la tubería (descritos en dos tablas). Finalmente establecía también otras cosas, el método de cálculo, vigilancia y evaluación de la conformidad.

➤ Medio Ambiente y Recursos Naturales:

En cuanto a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se contempla la siguiente norma de aplicación:

- La NOM-085-SERMANAT-2011. “Contaminación atmosférica - Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición”<sup>130</sup>. La cual es aplicable a las personas físicas o morales responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal y local que utilizan equipos de combustión de calentamiento indirecto con combustibles convencionales o sus mezclas en la industria, comercios y servicios. No aplica en los siguientes casos: Equipos con capacidad térmica nominal menor a 530 megajoules por hora (15 CC), equipos domésticos de calefacción y calentamiento de agua, turbinas de gas, equipos auxiliares y equipos de relevo. Tampoco aplica para el caso en que se utilicen bioenergético. El documento contiene varias definiciones técnicas entre las que destacan la capacidad térmica nominal de un equipo de combustión de calentamiento indirecto y la emisión ponderada. Asimismo, establece el cumplimiento de los niveles máximos permisibles de emisión de humo, partículas,

<sup>128</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 2003)

<sup>129</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 2014)

<sup>130</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 2012)

monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>X</sub>) de los equipos de combustión de calentamiento indirecto se establecen en función de la capacidad térmica nominal del equipo, del tipo de combustible, de la ubicación de la fuente fija y de las condiciones de referencia. Finalmente establece también otras cosas, el método de prueba, evaluación de la conformidad y observancia de esta norma.

➤ Seguridad:

En cuanto a normas de seguridad en México emitidas por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, están:

- La NOM-020-STPS-2011. Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.<sup>131</sup> La cual es aplicable a todos los centros de trabajo en donde funcionen recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas. El documento contiene varias definiciones técnicas entre las que destacan exámenes no destructivos, fluidos peligrosos, recipiente criogénico. Asimismo, establece como se debe de llevar a cabo dentro de la empresa la clasificación, listado y expedientes de equipos, programas específicos de revisión y mantenimiento, procedimientos para la operación, revisión y mantenimiento, así como condiciones de seguridad y pruebas de presión y exámenes no destructivos. Finalmente establece también otras cosas, obligaciones del patrón, obligaciones trabajadores, condiciones de seguridad de los equipos, plan de atención a emergencias, unidades de verificación, evaluación de la conformidad y vigilancia para esta norma.
- La NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de seguridad e higiene.<sup>132</sup> La cual es aplicable a todos los centros de trabajo del territorio nacional en los que exista exposición de los trabajadores a condiciones térmicas, provocadas por fuentes que generen que la temperatura corporal de los trabajadores sea inferior a 36°C o superior a 38°C. El documento contiene varias definiciones técnicas entre las que destacan el índice de viento frío, condición térmica abatida, elevada y extrema. Asimismo, establece el cumplimiento de los niveles máximos permisibles de exposición y el tiempo mínimo de recuperación para jornadas de trabajo de ocho horas a condiciones térmicas elevadas. Finalmente establece también otras cosas, obligaciones del patrón, obligaciones del personal ocupacionalmente expuesto, reconocimiento, evaluación y control, método de evaluación para condiciones térmicas elevadas y abatidas, registros y unidades de verificación y laboratorios de pruebas para esta norma.

---

<sup>131</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 2011)

<sup>132</sup> (Diario Oficial de la Federación, SEGOB, 2002)

## Conclusiones

Para el diseño del formato de levantamiento de datos se llevó a cabo en primera instancia una revisión de los aspectos teóricos que son la base de la evaluación del funcionamiento de las calderas como son: el factor de carga, el análisis de los gases de combustión, el exceso de aire y la superficie de transferencia de calor. La comprensión de estos conceptos son fundamentales para determinar la influencia que tienen estos factores en el funcionamiento de una caldera.

En segunda instancia de la revisión bibliográfica nacional e internacional se encontraron otros rubros que permiten evaluar los datos nominales (de placa y catálogo), datos de operación y los diferentes sistemas que conforman las calderas que requieren ser medidos y/o monitoreados, tales como: sistemas de combustión (tipos de quemadores, diseño y potencia), sistema de alimentación de agua, purgas, datos operativos del combustible, mantenimiento y control y datos de inspección. Asimismo, esta revisión permitió comparar estructuras y parámetros incluidos en los diferentes formatos de diferentes países relacionados también con aplicaciones diversas.

En su conjunto la información descrita anteriormente permitió estructurar el formato en las siguientes secciones:

- Datos generales de la empresa
- Datos de sitio
- Datos de la caldera
- Mediciones
- Consumos
- Mantenimiento/control
- Otros equipos consumidores
- Datos de inspección

Esta estructura obedece a la convergencia de la información revisada tanto en el capítulo 1 como en el capítulo 2.

En lo que respecta al caso de aplicación desarrollado en el capítulo 3, permitió evaluar si la estructura de la información el formato de levantamiento era correcta y/o pertinente. Debido a que la aplicación del formato requería una industria particular para el análisis se atendieron los siguientes criterios: i) una industria en donde el uso de calderas sea intensivo y su impacto en el consumo de energía térmica sea significativo y ii) el tamaño de las calderas con base a la aplicación característica del Sector PyME y su potencial de sustitución. Llevar a cabo este ejercicio de aplicación permitió observar la complejidad de la información que se requiere para llevar a cabo un análisis más completo, tal fue el caso de la industria láctea en donde además se debe conocer, tanto los productos, como los procesos

productivos respectivos. En cuanto al caso de la industria mexicana evaluada para financiamiento mostrada en la sección 3.4.1.4 se pudo valorar la importancia de llevar a cabo una memoria del cálculo utilizando como datos de entrada los parámetros recopilados con el formato.

Para el diseño del formato también se atendió la experiencia de algunos proyectos cuyo propósito era evaluar la viabilidad de financiamiento.

A través de la investigación, también se pudo comparar la normatividad existente para estos equipos, destacando la normativa americana sobre otras por su rigurosidad en términos de seguridad y diseño de fabricación. Por otro lado, en lo que respecta a la evaluación energética de las calderas se determinó que el esquema de evaluación energética que se solicitará sea el basado en los dos métodos que dictamina la ASME, debido a que estos métodos correlacionan un número de variables adecuado y relativamente fáciles de obtener; los cuales fueron incluidos en el formato de levantamiento.

Finalmente, el análisis aquí realizado dio cuenta de la carencia de información que se tiene en México y la falta de una estructura metodológica de análisis adecuada para el país y sobre todo, en menor grado, para sectores particulares como el caso de la industria láctea, en la que además también se tiene mucha carencia de información en cuanto a los proceso productivos.

## Recomendaciones

De lo realizado en la presente tesina, son varias las recomendaciones que son pertinentes mencionar:

Se sugiere llevar a cabo un censo y una caracterización de estos equipos que permita tener indicadores para hacer programas puntualizados por sector y por industria de apoyo masivo enfocados a esta tecnología por el potencial de ahorro por sector.

Una revisión y evaluación de la normatividad que sería aplicable en la evaluación de la eficiencia energética en calderas.

Es conveniente evaluar algunos procedimientos alternos para la determinación de la eficiencia energética, tales como un análisis exergético particularizado en cada caso

Desarrollar una memoria de cálculo automatizada que facilite y agilice los cálculos.

Promover una mayor cultura de medición la cual deba tener en lo posible cierto de grado de exactitud tal como lo recomiendan los códigos internacionales como el ASME.

## Bibliografía

- Nacional Financiera . (2008). *Nacional Financiera. Banca de Desarrollo*. Obtenido de <http://www.nafin.com.mx/portalnf/content/productos-y-servicios/programas-empresariales/clasificacion-pymes.html>
- , José Luis; Tetra Pack. (12 de septiembre de 2011). *Libro de leche (Manual de tratamiento en industrias Lácteas confeccionado por TETRA PACK)*. Obtenido de <http://movimientodeenergia.blogspot.mx/2011/09/procesos-en-la-industria-lactea.html>
- Textos Científicos/Energías Alternativas/Tecnologías de Combustibles*. (12 de abril de 2006). Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/origen-clasificacion>
- AChEE, GIZ. (2006). *Guía para la calificación de consultores en Eficiencia Energética*. Santiago.
- AINIA. (-). *Mejores Técnicas Disponibles en la Industria Láctea*. España.
- Alava Viteri, C., & Fernando Quintana, L. (Noviembre de 2011). *Lección 19. Tratamiento térmico*. Obtenido de UNAD: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211613/Modulo\\_zip/leccin\\_19\\_tratamiento\\_trmico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211613/Modulo_zip/leccin_19_tratamiento_trmico.html)
- ASME. (s.f.). *ASME Setting the Standard*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de <https://www.asme.org/about-asme/standards/performance-test-codes>
- BANCOLDEX, SA. (s.f.). *Banco de comercio exterior de Colombia. "Programa de Eficiencia Energética para hoteles, clínicas y hospitales"*. Obtenido de [https://www.bancoldex.com/eficienciaenergetica/Documentos\\_linea\\_credito\\_EE.aspx](https://www.bancoldex.com/eficienciaenergetica/Documentos_linea_credito_EE.aspx)
- Bolaños Bolaños, C. A. (2014). *Optimización de variables energéticas en función de la productividad y competitividad de la industria láctea y caracterización energética y tecnológica del sector*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Calderas Powermaster. (2009). *ASME Data Report*. Obtenido de <http://www.powermaster.com.mx/www/informacion/asme.html>
- Cleaver Brooks, Selmech S.A. de C.V. (2008). *Manual de Calderas*. México.
- CNE, Gobierno de El Salvador. (2014). *Inventario y caracterización de*. El Salvador: CNE. Dirección de Combustibles.
- CNN, E. e., & Moncada, G. (2008). INDUSTRIA: EFICIENCIA ENERGÉTICA. *Expansión en alianza con CNN*, [http://expansion.mx/manufactura/tendencias/industria-eficiencia-energetica?internal\\_source=PLAYLIST](http://expansion.mx/manufactura/tendencias/industria-eficiencia-energetica?internal_source=PLAYLIST).
- Coakley, T., Duffy, N., Freiberger, S., Fresner, J., Houben, J., Kern, H., y otros. (2010). *Uso de la energía en el sector industria. Manual para estudiantes*. Comisión Europea: IUSES (Uso inteligente de la energía en los centros escolares de educación secundaria).
- Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (diciembre de 27 de 2011). *NORMA Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes*

- criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad*. . Obtenido de <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/nom/38.pdf>
- Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (02 de febrero de 2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición*. Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5232012&fecha=02/02/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5232012&fecha=02/02/2012)
- Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (26 de 12 de 1995). *NORMA Oficial Mexicana NOM-002-ENER-1995, Eficiencia térmica de calderas paquete. Especificaciones y método de prueba*. Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4886650&fecha=26/12/1995](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886650&fecha=26/12/1995)
- Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (16 de julio de 1996). *PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-012-ENER-1996, Eficiencia térmica de calderas de baja capacidad. Especificaciones y método de prueba*. Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4892383&fecha=16/07/1996](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4892383&fecha=16/07/1996)
- Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (14 de junio de 2002). *NORMA Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de*. Obtenido de <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-015.pdf>
- Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (21 de 08 de 2003). *RESOLUCION por la que se cancela la Norma Oficial Mexicana NOM-002-ENER-1995 Eficiencia térmica de calderas paquete. Especificaciones y método de prueba, publicada el 26 de diciembre de 1995*. . Obtenido de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2009/CDEnergia/pdf/NE85.pdf>
- Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (21 de agosto de 2003). *Resolución por la que se cancela la Norma Oficial Mexicana NOM-012-ENER-1996, Eficiencia térmica de calderas de baja capacidad (7,5 a 100 kW). Especificaciones y método de prueba, publicada el 21 de febrero de 1997*. Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=692081&fecha=21/08/2003](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=692081&fecha=21/08/2003)
- Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (21 de julio de 2014). *NORMA Oficial Mexicana NOM-009-ENER-2014, Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales*. Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_to\\_doc.php?codnota=5355816](http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5355816)
- Díaz Vera, D. D., & Cauja Vilema, W. I. (2009). *Selección e Instalación de Vapor para una Fábrica de Yogurt y de Crema de Leche*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Escobar, G. (4 de julio de 2012). *Wiki EOI*. Obtenido de [http://www.eoi.es/wiki/index.php/Calderas,\\_generadores\\_de\\_vapor,\\_hornos\\_y\\_secaderos\\_en\\_Eficiencia\\_energ%C3%A9tica](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Calderas,_generadores_de_vapor,_hornos_y_secaderos_en_Eficiencia_energ%C3%A9tica)
- FI, UNAM-ATPAE. (2004). *Curso Oportunidades en el Uso Óptimo del Vapor Industrial*. México: -.
- Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. (2012). *Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes*. Madrid, España.
- Fundación Wikimedia, Inc. (12 de noviembre de 2016). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Caldera\\_\(máquina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Caldera_(máquina))

- GIZ-BMUB. (2012). *Caracterización de tecnologías y aplicaciones térmicas en el sector PyME. Selección de tecnologías para un México*.
- Godos Fonseca, E. M. (Mayo de 2011). Tesis: Generación, Uso y Distribución de Vapor en Plantas de Procesos. Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Gómez Clerencia, J., Vakklainen, E., & Royo Herrero, J. (2011). *Comparación de dos Métodos para el cálculo de rendimiento de calderas: Código ASME PTC-4 y Estándar EN-12952-15*. Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza.
- IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (febrero de 2007). Guía Técnica: Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas. Madrid, España.
- Instituto Politécnico Nacional. (15 de mayo de 2016). *Ahorro y Uso Eficiente de Energía-IPN (Redes de Investigación y Posgrado)*. Obtenido de [www.coordinacionredes.ipn.mx](http://www.coordinacionredes.ipn.mx)
- Martínez Lara, J. L. (s.f.). Manual de Sistemas de Combustión de Calderas. 18-21. Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense.
- Martínez Ruíz, P. M., & Cosme Moñino, J. M. (2014). *Eficiencia Energética en Empresas del Sector Agroalimentario*. Unión Europea: AGENEX.
- Mesa Mora, A. (julio de 2013). *Curso de calderas*. Obtenido de [http://curso-calderas-julio-2013.blogspot.mx/2013\\_07\\_01\\_archive.html](http://curso-calderas-julio-2013.blogspot.mx/2013_07_01_archive.html)
- Ministerio de Economía de la República de El Salvador; BID. (2011). *Proyecto: Programa de Eficiencia Energética*. El Salvador: CNE.
- Observatorio Industrial del Sector de Bienes de Equipo. (2011). *Análisis del mercado oferta/demanda en relación con el equipamiento necesario para la implantación de la eficiencia energética en la industria y los servicios*. España: Sercobe; Garrigues Medio Ambiente.
- O'Shaughnessy, C. (2013). *Estudio básico sobre los subsectores de la industria alimentaria y resumen de resultados nacionales e internacionales. Proyecto Greenfoods*. Unión Europea.
- Plauchú Alcántara, J., & Plauchú Lima, A. (2006). *Código de Pruebas de Potencia ASME PTC 4.1 para Generadores de Vapor*. Morelia: Plauchu Consultores.
- Plauchú Lima, A. (2006). *Eficiencia en Sistemas de Generación y Distribución de Vapor*. México.
- Redsauce. (junio de 2016). *Calderas, sobrecalentadores y recalentadores*. Obtenido de <http://es.redsauce.net/>: <http://files.pfernandezdiez.es/CentralesTermicas/PDFs/18CT.pdf>
- Rincón, B., & Urdaneta, O. (2013). *Desarrollo de herramienta de cálculo para la eficiencia de las calderas generadoras de vapor*. Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta.
- SENER. (2014). *Balance Nacional de Energía*. México.
- SENER. (2015). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029*. México.
- SENER-AIE. (2011). *Indicadores de Eficiencia Energética en México: 5 sectores, 5 retos*. México.
- SENER-CONUEE. (diciembre de 2009). *Metodologías para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía*. México, D.F.: -.
- Spirax Sarco. (-). *La industria láctea: sistemas de vapor y condensado*. -: -.

- SPIRAX SARCO S.A. (s.f.). *Spirax Sarco España / Líder en soluciones para vapor*. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de La industria láctea: sistemas de vapor y condensado: <http://www.escardo.eu/spiraxsarco/Documents/Catalogos/gcm-10.pdf>
- Testo Argentina SA. (diciembre de 2016). *Testo: Academia online*. Obtenido de <http://www.academiatesto.com.ar/>
- Tirado, M. (26 de abril de 2011). *Scribd. Generadores de Vapor (Notas)*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/53903277/Generadores-de-vapor-notas>
- TLV. (2017). *TLV.COM*. Recuperado el 16 de junio de 2016, de <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/>
- Torella, E. (24 de noviembre de 2014). *La combustión*. Obtenido de <http://www.upv.es/entidades/DTRA/infoweb/dtra/info/U0675360.pdf>
- UCATEE; Centro Nacional de Producción más limpia de El Salvador. (2008). *Manual de Eficiencia Energética para MyPES*. El Salvador: -.
- UNEP. (2004). *Cleaner Production-Energy Efficiency Manual. Guidelines for the Integration of Cleaner Production and Energy Efficiency*. Oxford: United Nations Publication.
- UNEP, Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, Ministerio de Medio Ambiente de España. (2002). *Prevención de la contaminación en la Industria láctea. PPlan de Acción Mediterráneo*. Barcelona: (CAR/PL).
- Unidad de Desarrollo Tecnológico, Universidad de Concepción. (2012). *Antecedentes para Elaborar una Norma de Emisión para Calderas y Procesos de Combustión en el Sector Industrial, Comercial y Residencial*. Chile.
- Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Química. (s.f.). *Proyectos de Fin de Carrera*. Obtenido de <http://www.ugr.es/~aulavirtualpfcicq/BMyBE.html>
- Universidad de la República. (s.f.). *Combustibles: Definición. Clasificación. Propiedades*. Instituto de Química. Tecnología y Servicios Industriales.
- Universidad Nacional de Ingeniería. (-). *Cuestionario Energético Ambiental de Calderas Industriales Sector Pesquero*. Perú: Ministerio de la Producción.

**Anexos**

ANEXO 1. ....96  
ANEXO 2. .... **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO 1.

Programa Bancóldex de Eficiencia Energética para Hoteles, Clínicas y Hospitales

PROGRAMA BANCÓLDEX DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA HOTELES, CLÍNICAS Y HOSPITALES	
V. PROPUESTA TÉCNICA	
FORMATO TÉCNICO F2a - CAL	
PROYECTOS DE CALDERAS	
DATOS DE IDENTIFICACION INTERNA DEL PROYECTO (para uso exclusivo de Bancóldex)	
Solicitud No. <input type="text"/>	Fecha de la solicitud: dd <input type="text"/> mm <input type="text"/> aa <input type="text"/>
5. LINEA BASE ENERGÉTICA	
5.1 Consideraciones generales:	
5.1.1 Límites aplicados al proyecto:	<input type="text"/>
5.1.2 Período de referencia seleccionado:	<input type="text"/>
5.1.3 Fuentes de información empleadas:	<input type="text"/>
5.2 Definición de las condiciones existentes en el sitio:	
5.2.1 Información de las condiciones existentes en el sitio	Usos de combustible en: Calderas <input type="text"/> Cocinas <input type="text"/> Incineradores <input type="text"/> Hornos <input type="text"/> Calefactores <input type="text"/> Secadores <input type="text"/> Chimeneas <input type="text"/> Otros <input type="text"/> ¿Cuáles? <input type="text"/> Usos del vapor en: Calefacción <input type="text"/> Humidificación <input type="text"/> Cocina <input type="text"/> Producción de frío <input type="text"/> Lavandería <input type="text"/> Otros <input type="text"/> ¿Cuáles? <input type="text"/>
5.3 Identificación de equipos existentes (agregar las filas requeridas según los equipos que se vayan a relacionar):	
5.3.1 Información del equipo existente No. 1	Nombre: <input type="text"/> Identificación interna: <input type="text"/>
	Fabricante: <input type="text"/> Modelo: <input type="text"/>
	Tipo (cuando aplique): <input type="text"/> Año de fabricación: <input type="text"/>
	Capacidad nominal (BHP): <input type="text"/> Combustible: <input type="text"/> Potencia eléctrica (kW): <input type="text"/>
	Función del equipo: <input type="text"/>
Fuente de energía: <input type="text"/>	
5.3.2 Información del equipo existente No. 2	Nombre: <input type="text"/> Identificación interna: <input type="text"/>
	Fabricante: <input type="text"/> Modelo: <input type="text"/>
	Tipo (cuando aplique): <input type="text"/> Año de fabricación: <input type="text"/>
	Capacidad nominal (BHP): <input type="text"/> Combustible: <input type="text"/> Potencia eléctrica (kW): <input type="text"/>
	Función del equipo: <input type="text"/>
Fuente de energía: <input type="text"/>	
5.3.3 Información del equipo existente No. 3	Nombre: <input type="text"/> Identificación interna: <input type="text"/>
	Fabricante: <input type="text"/> Modelo: <input type="text"/>
	Tipo (cuando aplique): <input type="text"/> Año de fabricación: <input type="text"/>
	Capacidad nominal (BHP): <input type="text"/> Combustible: <input type="text"/> Potencia eléctrica (kW): <input type="text"/>
	Función del equipo: <input type="text"/>
Fuente de energía: <input type="text"/>	
5.3.4 Información del equipo existente No. 4	Nombre: <input type="text"/> Identificación interna: <input type="text"/>
	Fabricante: <input type="text"/> Modelo: <input type="text"/>
	Tipo (cuando aplique): <input type="text"/> Año de fabricación: <input type="text"/>
	Capacidad nominal (BHP): <input type="text"/> Combustible: <input type="text"/> Potencia eléctrica (kW): <input type="text"/>
	Función del equipo: <input type="text"/>

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



**PROGRAMA BANCÓLDEX DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA HOTELES, CLÍNICAS Y HOSPITALES**

**V. PROPUESTA TÉCNICA  
FORMATO TÉCNICO F2a - CAL**

equipo: \_\_\_\_\_

Fuente de energía: \_\_\_\_\_

El proponente podrá adicionar cuantos campos, para la identificación de los equipos existentes, considere necesarios, incluyendo la información en la hoja adjunta "ANEXO CAL" en el numeral 5.3. ¿Diligencia información en el numeral 5.3 de la hoja "ANEXO CAL"?  Sí  No

**5.4 Datos de operación del equipo existente:**

5.4.1 Campaña de monitoreo: \_\_\_\_\_

5.4.2 Parámetro (valor real)	Unidad de medida	Periodo de monitoreo (Los periodos de monitoreo pueden ser anuales, mensuales, diarios, horarios, o un periodo diferente que sea representativo de la operación normal en el sitio)									
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7	Periodo 8	Periodo 9	Periodo 10
1. Temperatura del agua de alimentación	°C										
2. Presión de operación de la caldera	psi										
3. Temperatura del vapor generado	°C										
4. Caudal de vapor generado en caldera	kg/h										
5. Eficiencia de la caldera	%										
6. Método directo o indirecto (para el cálculo de la eficiencia)	-										
7. Porcentaje de carga de la caldera	%										
8. Tiempo de operación de la caldera	h/periodo										
9.											
10.											

Se podrán incluir todos los parámetros adicionales que el proponente haya considerado necesarios para el desarrollo de su campaña de monitoreo y no estén incluidos en los parámetros mínimos requeridos. Así mismo el proponente técnico podrá adicionar cuantos periodos de monitoreo considere necesarios, incluyendo la información en la hoja adjunta "ANEXO CAL" en el numeral 5.4. ¿Diligencia información en el numeral 5.4 de la hoja "ANEXO CAL"?  Sí  No

**5.5 Datos del equipo nuevo para el proyecto:**

Capacidad nominal (BHP): \_\_\_\_\_ Porcentaje de carga (%): \_\_\_\_\_ Eficiencia del equipo (%): \_\_\_\_\_  
 Tipo de combustible requerido: \_\_\_\_\_ Tasa de consumo de combustible: \_\_\_\_\_  
 Presión de operación: \_\_\_\_\_ Horas de operación mensual: \_\_\_\_\_

Descripción de cambios sugeridos a la \_\_\_\_\_



**PROGRAMA BANCÓLDEX DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA HOTELES, CLÍNICAS Y HOSPITALES**

**V. PROPUESTA TÉCNICA  
FORMATO TÉCNICO F2a - CAL**

Identificación de la tecnología:

**5.6 Línea base energética existente**

Los periodos de monitoreo (referencia) pueden ser anuales, mensuales, diarios, horarios, o un periodo diferente que sea representativo de la operación normal en el sitio.

Parámetro	Unidad de medida	Periodo de referencia (monitoreado)									
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7	Periodo 8	Periodo 9	Periodo 10
Demanda de vapor monitoreado	kg de vapor/h										
Consumo de combustible monitoreado	(m <sup>3</sup> -o- l -o- kg)/h										
Índice energético existente	(m <sup>3</sup> -o- l -o- kg)/kg vapor										

Comentarios:

**5.7 Línea base energética proyectada**

Los periodos de operación (proyectado) pueden ser anuales, mensuales, diarios, horarios, o un periodo diferente que sea representativo de la operación normal que habrá en el sitio.

Parámetro	Unidad de medida	Periodo de operación (proyectado)									
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7	Periodo 8	Periodo 9	Periodo 10
Demanda de vapor proyectada	kg de vapor/h										
Consumo de combustible proyectado	(m <sup>3</sup> -o- l -o- kg)/h										
Índice energético proyectado	(m <sup>3</sup> -o- l -o- kg)/kg vapor										

Comentarios:

**5.8 Escenario energético esperado**

Los periodos de operación (esperado) pueden ser anuales, mensuales, diarios, horarios, o un periodo diferente que sea representativo de la operación normal que habrá en el sitio.

Parámetro	Unidad de medida	Periodo de operación (esperado)									
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7	Periodo 8	Periodo 9	Periodo 10
Demanda de vapor esperada	kg de vapor/h										
Consumo de combustible esperado	(m <sup>3</sup> -o- l -o- kg)/h										
Índice energético esperado	(m <sup>3</sup> -o- l -o- kg)/kg vapor										

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



**PROGRAMA BANCÓLDEX DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA HOTELES, CLÍNICAS Y HOSPITALES**

**V. PROPUESTA TÉCNICA  
FORMATO TÉCNICO F2a - CAL**

Variación del consumo con respecto a la línea base	%									
Ecuación que relaciona el consumo energético con la producción-ocupación										
Coeficiente de determinación "R <sup>2a</sup> "										
Comentarios:										

**6. AHORRO ENERGETICO**

**6.1 Resultados esperados en términos de ahorro energético para el programa:**

Contenido energético del combustible (PCI):  kJ/(m<sup>3</sup>-o-l-o-kg) Fuente:

Parámetro	Unidad de medida	Periodo de ahorro (El periodo de ahorro lo define el proponente técnico en función de sus compromisos de reporte con el cliente y no son necesariamente los mismos definidos para la construcción de la línea base energética o el escenario energético esperado (pueden ser anuales, semestrales, mensuales, o un periodo diferente acordado por las partes).					
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
Ahorro de combustible promedio por hora en el periodo	(m <sup>3</sup> -o-l-o-kg)/h						
Ahorro de combustible en el periodo	(m <sup>3</sup> -o-l-o-kg)						
Ahorro de energético en el periodo	kJ						

**6.2 Resumen de resultados:**

Determinar los resultados esperados por el proyecto en el semestre, indicando, en el recuadro de comentarios, las características de la producción y las horas de operación utilizadas para calcular dichos resultados. Para dos o más energéticos llevarlos a la misma base.

Parámetro	Unidad	Valor actual	Valor esperado
Capacidad instalada	Habitaciones - o - Camas		
Cantidad de usuarios atendidos	Huespedes -o- pacientes		
Consumo de combustible por hora en el semestre	(m <sup>3</sup> -o-l-o-kg)/h		
Consumo de combustible en el semestre	(m <sup>3</sup> -o-l-o-kg)		
<b>Indicadores de consumo</b>			
Combustible consumido / huéspedes o pacientes	(m <sup>3</sup> -o-l-o-kg)/(huéspedes o pacientes)		
Combustible consumido / habitaciones o camas	(m <sup>3</sup> -o-l-o-kg)/(habitaciones o camas)		
Combustible consumido / kg de vapor producido	(m <sup>3</sup> -o-l-o-kg)/kg vapor		
Ahorro de combustible	(m <sup>3</sup> -o-l-o-kg)/semestre		
Porcentaje de ahorro de combustible	%		

Comentarios:

Si se acuerda con el cliente el desarrollo de indicadores adicionales, incluirlos en la siguiente Tabla:

Parámetro	Unidad	Valor actual	Valor esperado
<b>Indicadores de consumo</b>			

**7. SISTEMA DE MONITOREO PROPUESTO**



**PROGRAMA BANCÓLDEX DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA HOTELES, CLÍNICAS Y HOSPITALES**

**V. PROPUESTA TÉCNICA  
FORMATO TÉCNICO F2a - CAL**

7.1 Variables a monitorear (adicionar cuantas filas se requieran):

Variable a monitorear	Fuente de los datos		Gestión del monitoreo		
	Calculado	Medido	Metodo de calculo	Frecuencia de monitoreo	Calibración
1.	Por defecto	Medido	Metodo de calculo	Frecuencia de monitoreo	Calibración
2.	Por defecto	Medido	Metodo de calculo	Frecuencia de monitoreo	Calibración
3.	Por defecto	Medido	Metodo de calculo	Frecuencia de monitoreo	Calibración
4.	Por defecto	Medido	Metodo de calculo	Frecuencia de monitoreo	Calibración
5.	Por defecto	Medido	Metodo de calculo	Frecuencia de monitoreo	Calibración

**8. GESTIÓN DE RESIDUOS PROPUESTA**

8.1 Residuos a ser generados (adicionar cuantas filas se requieran):

Identificación de residuos	Clasificación		Gestión de los residuos			
	Peligroso	No peligroso	Comercialización	Chatarrización	Tratamiento	Disposición final
1.					¿Cuál?	
2.					¿Cuál?	
3.					¿Cuál?	
4.					¿Cuál?	
5.					¿Cuál?	

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



**PROGRAMA BANCÓLDEX DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA HOTELES, CLÍNICAS Y HOSPITALES**

**V. PROPUESTA TÉCNICA  
FORMATO TÉCNICO F2a - CAL**

No peligroso   
  Gestor externo   
  Otros   
 ¿Cuál?

**VI. PROPUESTA ECONÓMICA**

El proponente técnico deberá presentar los costos que han sido estimados para el desarrollo del proyecto en términos del CAPEX (costos de inversión) y del OPEX (costos de operación). Para costos en otras monedas convertir el valor de origen a pesos colombianos utilizando la TMR vigente reportada por el Banco de la República de Colombia a la fecha de presentación de la propuesta.

Tasa de cambio representativa del mercado (TRM) empleada: \$

Valor del proyecto

Costos CAPEX en pesos colombianos		Costos OPEX en pesos colombianos	
Costo del diagnóstico	\$ <input type="text"/>	Costo de operación	\$ <input type="text"/>
Costo de equipos	\$ <input type="text"/>	Costo de mantenimiento	\$ <input type="text"/>
Costo de ingeniería	\$ <input type="text"/>	Costo de monitoreo	\$ <input type="text"/>
Otros costos	\$ <input type="text"/>	Otros costos	\$ <input type="text"/>
Costo total CAPEX	\$ <input type="text"/>	Costo total OPEX	\$ <input type="text"/>

Valor total del proyecto (en pesos colombianos): \$

Plazo de acuerdo comercial de ahorros con el cliente (días o meses o años):

Fuente de los recursos requeridos

Recursos propios del cliente:  %    Crédito bancario:  %    Crédito proveedor y/o proponente:  %

Otro:  %    ¿Cuál?

Resultados financieros del proyecto

Ahorro energético anual proyectado, especificar unidad de consumo:

Valor del ahorro anual proyectado en pesos colombianos: \$

Costos de energéticos:    Electricidad (\$/kWh):     Combustible (\$/(m<sup>3</sup> -o- l -o- kg)):

Periodos de reporte de ahorros acordados con el cliente (días o meses o años):

**VII. CRONOGRAMA PROPUESTO**

El proponente técnico deberá presentar un estimado general de tiempos y responsables para las actividades señaladas en el formato (la fecha a consignar corresponde a la terminación de cada actividad). Es de resaltar que la fecha puede corresponder a una actividad ya causada (por ejemplo la fecha de "aprobación del diagnóstico energético"). Este cronograma general será la base para la planificación de las actividades posteriores de validación y verificación del proyecto en el marco del programa. En caso de tener un cronograma más detallado, se puede entregar como anexo al presente formato.

Actividad	Fecha	Responsable
Aprobación del diagnóstico energético	dd / mm / aaaa	
Adquisición de equipos y servicios principales	dd / mm / aaaa	
Implementación/construcción del proyecto	dd / mm / aaaa	
Puesta en servicio del proyecto	dd / mm / aaaa	
Visita de verificación de ICONTEC	dd / mm / aaaa	
Entrega del primer reporte de resultados al cliente	dd / mm / aaaa	
Finalización del proyecto estipulado entre las partes	dd / mm / aaaa	

**POR EL PROPONENTE TÉCNICO EL FORMULARIO ES DILIGENCIADO POR:**

Declaro que la información suministrada en este documento es veraz y autorizo al programa para que la valide y constate, de manera tal que ante el incumplimiento en su veracidad se tome por cancelada (no cumple) la validación de la propuesta dentro del programa.

Nombre:     Fecha: dd  mm  aa

Firma

**POR EL CLIENTE EL FORMULARIO ES APROBADO POR:**

Declaro que conozco y estoy conforme con la información suministrada en este documento y autorizo al programa para que la valide y constate, de manera tal que ante el incumplimiento en su veracidad se tome por cancelada (no cumple) la validación de la propuesta dentro del programa.

Nombre:     Fecha: dd  mm  aa

Firma

**VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICO - ECONÓMICA (Para uso exclusivo del ICONTEC)**

**CRITERIOS DE VALIDACIÓN**

La información suministrada por el proponente técnico será evaluada por ICONTEC a fin de establecer si se cumple con todos los criterios definidos por el programa de financiación de Bancóldex. La propuesta técnico - económica deberá cumplir TODOS los requisitos para ser aprobada.

General    Cumple    No cumple



**PROGRAMA BANCÓLDEX DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA HOTELES, CLÍNICAS Y HOSPITALES**

**V. PROPUESTA TÉCNICA  
FORMATO TÉCNICO F2a - CAL**

1. La información requerida del cliente al cual se le desarrollará el proyecto propuesto se presenta de forma completa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Se consideran todos los usos de energía en la descripción del proyecto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Propuesta técnica</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
1. El período de referencia seleccionado para la construcción de la línea base energética es consistente con un ciclo de operación normal y representativo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. La información de las condiciones y equipos existentes permite determinar la línea base energética de conformidad con los requerimientos del programa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. En la campaña de monitoreo realizada se monitorearon todos los parámetros mínimos requeridos de acuerdo con el formato técnico definidos por el programa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Los equipos nuevos propuestos en el proyecto permitirían suplir la demanda de la línea base y alcanzar los ahorros esperados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. La línea base energética existente se realizó consistente a la información obtenida en la campaña de monitoreo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. La línea base energética proyectada se realizó conforme a la información obtenida en la campaña de monitoreo y al procesamiento de dicha información.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. El escenario energético esperado se construye con datos y supuestos que corresponden a la información y condiciones del cliente, considerando la tecnología propuesta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Los poderes caloríficos de los energéticos empleados son correctos y de fuentes comprobadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Los resultados esperados en términos de ahorros energéticos son consistentes con los datos energéticos medidos y proyectados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Se calcularon los indicadores requeridos por el programa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. La descripción de la campaña de monitoreo se ajusta a los requisitos del programa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. El sistema de monitoreo permite monitorear las variables requeridas para el cálculo de los ahorros energéticos por las actividades de proyecto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. La identificación de los residuos y la gestión propuesta es consistente y correcta para la actividad del proyecto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Propuesta económica</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
1. Los ahorros energéticos y económicos propuestos son alcanzables y coherentes con la información y cálculos presentados en la propuesta técnica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. El cronograma no presenta condiciones que afecten el desarrollo del proyecto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>RESULTADO DE LA VALIDACIÓN</b>		
<b>CONCEPTO DEL VALIDADOR</b>		
El ICONTEC expresa que tras evaluar la información suministrada en la propuesta técnico - económica, encuentra que ésta:		
SI CUMPLE <input type="checkbox"/>	NO CUMPLE <input type="checkbox"/>	
Con la totalidad de los criterios del programa de financiación de Bancóldex.		
Nombre del validador: <input type="text"/>	Fecha: dd <input type="text"/>	mm <input type="text"/>
Firma <input type="text"/>		
Notas legales y del programa		

Análisis del mercado oferta/demanda en relación con el equipamiento necesario para la implantación de la eficiencia energética en la industria y los servicios



**1. PERFIL DE LA EMPRESA**

**1.1. Nombre de la empresa:**

**1.2. Persona que contesta el cuestionario:**

**1.3. Describa brevemente cuál es la actividad que desarrolla la empresa:**

**1.4. Marque las actividades que desarrolla su empresa en relación con el mercado de calderas industriales y su equipamiento:**



- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Diseño e Ingeniería.                      | <input type="checkbox"/> Fabricación.               |
| <input type="checkbox"/> Distribución y Comercialización nacional. | <input type="checkbox"/> Importación.               |
| <input type="checkbox"/> Instalación.                              | <input type="checkbox"/> Operación y Mantenimiento. |

**1.5. Indique el número de empleados de su empresa**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Menos de 10 empleados.    | <input type="checkbox"/> Entre 10 y 50 empleados. |
| <input type="checkbox"/> Entre 50 y 250 empleados. | <input type="checkbox"/> Más de 250 empleados.    |

**1.6. Indique la facturación anual aproximada de la empresa**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Menos de 2 millones de €.    | <input type="checkbox"/> Entre 2 y 10 millones de €. |
| <input type="checkbox"/> Entre 10 y 50 millones de €. | <input type="checkbox"/> Más de 50 millones de €.    |



**1.7. Dentro de su sector de actividad, ¿qué porcentaje de demanda de mercado diría que está cubierta por su empresa (cuota de mercado)? (según datos de facturación u otros indicadores).**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Menos del 10%.         | <input type="checkbox"/> Entre el 10% y el 25%. |
| <input type="checkbox"/> Entre el 25% y el 50%. | <input type="checkbox"/> Entre el 50% y el 75%. |
| <input type="checkbox"/> Más del 75%.           |   |

**1.8. Dentro de la facturación anual de su empresa, ¿qué porcentaje diría que se debe a la actividad relacionada con las calderas industriales y su equipamiento?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Menos de 15%.         | <input type="checkbox"/> Entre el 15 y el 50%.  |
| <input type="checkbox"/> Entre el 50 y el 90%. | <input type="checkbox"/> Entre el 90 y el 100%. |

**1.9. ¿Qué necesidades de los clientes considera que son cubiertas por su empresa en la actividad relacionada con las calderas industriales y su equipamiento?**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Generación de vapor.                                 | <input type="checkbox"/> Generación de energía eléctrica. |
| <input type="checkbox"/> Cogeneración.  | <input type="checkbox"/> Regulación y control.            |
| <input type="checkbox"/> Reducción de las emisiones y residuos contaminantes. |   |
| <input type="checkbox"/> Otras necesidades (por favor, describir):            |   |

**1.10. De los puntos considerados a continuación, marque los cinco aspectos más fuertes de su empresa en comparación con la competencia:**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Alta calidad.                    | <input type="checkbox"/> Relación cercana con el cliente.      |
| <input type="checkbox"/> Precio competitivo.              | <input type="checkbox"/> Conocimiento tecnológico avanzado.    |
| <input type="checkbox"/> Elevada capacidad de producción. | <input type="checkbox"/> Mantenimiento. Atención especializada |
| <input type="checkbox"/> Disposición de patentes.         | <input type="checkbox"/> Conocimiento del mercado.             |
| <input type="checkbox"/> Buenas relaciones públicas.      | <input type="checkbox"/> Fidelización del cliente.             |
| <input type="checkbox"/> Costes de producción bajos.      | <input type="checkbox"/> Servicios postventa.                  |



- Oferta de servicios energéticos.
- Cumplimiento de plazos de fabricación y/o entrega.
- Otros (por favor, especificar):

**1.11. ¿Dispone de algún sistema de gestión implantado en su empresa?**

- UNE-EN ISO 9.001 (calidad).       UNE-EN ISO 14.001 (medio amb).
- UNE 216.301 (gestión energética).       UNE 216.501 (auditorías energéticas).
- Serie Normas OSHAS 18.000 (salud y seguridad en el trabajo).
- UNE 16.002 (gestión de la I+D+i).
- Otros (por favor, especificar):

**1.12. ¿Le aporta beneficios el conocimiento y la aplicación de la serie de Normas UNE-EN sobre la fabricación de calderas industriales?**

- Sí.       No.       No las conozco.

**1.13. ¿Ha recibido o recibe ayudas públicas para la realización de proyectos de I+D+i?**

- Sí.       No.

En caso afirmativo, por favor indicar el nombre de los proyectos:

**1.14. ¿Dispone de patentes relacionadas con las calderas y su equipamiento?**

- Sí.       No.

En caso afirmativo, por favor especificar:

**1.15. ¿Conoce el Plan de competitividad de sectores estratégicos industriales del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio?**

- Sí.       No.

En su caso, ¿ha presentado algún proyecto a dicho Plan? Por favor, especificar:



## 2. PRODUCTOS

### 2.1. ¿En qué tipologías de calderas encuadraría sus trabajos y actividades?

#### 2.1.1. Por tipo de combustible:

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Carbón.   | <input type="checkbox"/> Gasolina / gasóleos.          |
| <input type="checkbox"/> Gas Natural.  | <input type="checkbox"/> Otros productos petrolíferos. |
| <input type="checkbox"/> Biogás.   | <input type="checkbox"/> Biomasa forestal.             |
| <input type="checkbox"/> Combustible derivado de residuo.                          |  |
| <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores. Otros, por favor, especificar: |  |

#### 2.1.2. Otras clasificaciones:

- Eléctrica.
- Calderas con recuperación de calor.
- Calderas en sistemas de cogeneración.
- Sistemas mixtos. Por favor, detallar:

#### 2.1.3. Por tipos de circulación del fluido caloportador:

- Pirotubular.
- Acuotubular.
- Vaporización instantánea.

#### 2.1.4. Por fluido caloportador:

- Agua.
- Vapor.
- Fluido Térmico.



**2.2. ¿Qué equipos comercializa relacionados con las calderas industriales?**

- Quemadores.
- Ventiladores.
- Economizadores.
- Termostatos.
- Acumulador de vapor u otros fluidos.
- Sonda Lambda.
- Otros, por favor especificar:

**2.3. ¿En qué nivel se encuentra su capacidad de producción actual?**

- Trabajamos a nuestra máxima capacidad de producción.
- Trabajamos a una elevada capacidad de producción (entre el 70% y el 90%).
- Trabajamos a una capacidad de producción media (entre el 50% y el 70%).
- Trabajamos a una reducida capacidad de producción (menor del 50%).

**2.4. Indicar qué aspectos tecnológicos se deberían mejorar para potenciar la competitividad de la oferta nacional de calderas industriales y sus equipamientos:**

- Mayor conocimiento y aplicación de Normas UN-EN.
- Procesos de soldadura y su inspección.
- Mejoras en el utillaje para movimientos de partes y piezas.
- Disminución de tiempos de construcción.
- Formación de personal.
- Programas de diseño.



- Gestión técnica de proveedores y subcontratación.
- Vigilancia tecnológica. Conocimiento de la competencia.
- Transferencia de tecnologías y/o asistencia técnica.
- Menores consumos energéticos de productos fabricados.
- Menor generación de residuos y contaminación de productos fabricados.
- Otros aspectos (por favor, especificar):



### 3. SECTORES RELACIONADOS

A continuación se plantean diferentes cuestiones sobre los grupos de interés relacionados con su empresa: clientes, proveedores y Administración Pública.

#### 3.1. Clientes:

##### 3.1.1. ¿Cuál es el tipo de clientes a los que se destinan sus productos?

- Usuarios finales de calderas.  Comercializadores, Instaladores u otros.
- Industria.  Viviendas.  Grandes edificios.
- Nacional.  Europeo no español.  Internacional, fuera de la Unión Europea.

##### 3.1.2. ¿Considera que en los últimos años se ha producido una modificación de su tipo de clientes objetivo?:

- Sí.  No.

En caso afirmativo, ¿a qué se ha debido este cambio y hacia qué tipo de clientes? (por favor, detallar):

##### 3.1.3. En caso de que disponga de clientes en otros países, ¿qué porcentaje de la facturación de su empresa es debida a ellos?

	<u>Europeos no españoles</u>	<u>Otros internacionales</u>
- Menos del 10% de la facturación:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Entre el 10% y 25% de la facturación:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Entre el 25% y 50% de la facturación:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Entre el 50% y 75% de la facturación:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Más del 75% de la facturación:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Por favor, especificar los principales países:



**3.1.4. Indique cuáles considera que son los factores más valorados por sus clientes al adquirir los productos suministrados por su empresa:**

- Alta calidad del producto.
- Precio reducido (asegurando una calidad estándar en el producto).
- Producto diseñado a la medida, según las necesidades del cliente.
- Máxima eficiencia energética del producto.
- Otros (por favor, especificar):

**3.1.5. ¿Cómo considera que es su poder de negociación con los clientes?**

- Muy reducido. Existe una demanda reducida y el mercado está en manos del cliente.
- Poder compartido, las condiciones las establece el propio mercado.
- Considerable poder de negociación.
- Elevado poder de negociación.

**3.1.6. Indique cuáles considera que son los aspectos más y menos valorados por sus clientes en comparación con las empresas de la competencia:**

- Aspectos más valorados (por favor, detallar):
- Aspectos menos valorados (por favor, detallar):

### **3.2. Proveedores:**

**3.2.1. ¿Cuáles son los principales productos y materiales que adquiere para el desarrollo de su negocio?**

**3.2.2. En relación con las calderas, ¿adquiere equipos y productos a algún proveedor extranjero?**

Si.

- No (puede pasar directamente a la pregunta siguiente, la número 3.2.3).



a) ¿Qué productos son los que principalmente importa?

Por favor, especificar:

b) ¿Cuáles son las razones por las que adquiere productos en el extranjero?

- Mejor calidad.
- Menor precio.
- Acuerdos comerciales o de Grupo de empresas.
- No disponibilidad del producto en el mercado español.

c) ¿Cuáles son los principales países de los que importa los productos?

- Estados miembros de la Unión Europea.  Otros países.

Por favor, especificar principales países:

d) ¿Los productos importados disponen del mercado CE?

- Sí, todos.  La mayoría.  La minoría.  No, ninguno.

e) ¿Conoce si existen actualmente empresas en España que fabrican los mismos productos que actualmente importa?

- Sí.  No.

f) ¿Considera que existen actualmente potenciales empresas en España que podrían fabricar los productos que actualmente importa?

- Sí.  No.

En caso afirmativo, ¿cuál cree que es la razón por la que dichas empresas no están fabricando estos productos actualmente?

- No existe demanda suficiente.  La producción sería muy costosa.



Lo desconozco.

Carencias tecnológicas.

Otros (por favor, especificar):

**3.2.3. ¿Cómo considera que es su poder de negociación con los proveedores?**

Muy reducido. Existe una oferta reducida y el mercado está en manos del proveedor.

Poder compartido, las condiciones las establece el propio mercado.

Considerable poder de negociación.

Elevado poder de negociación.

**3.3. Competidores:**

**3.3.1. Valore del 1 al 5 la saturación de competidores en su mercado de actividad, siendo:**

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

1. Gran número de empresas competidoras, mercado totalmente saturado de competidores.

5: Reducido número de empresas competidoras (1 ó 2).

Si lo desea, puede incluir más información:

**3.3.2. Respecto a la competencia, ¿cómo describiría el mercado de venta de calderas y su equipamiento?**

Mercado muy competitivo en precio.

Mercado muy competitivo en diseño y calidad de los productos.

Cuota de mercado estable para todas las empresas participantes en el mercado. Buena relación con la competencia.

Reducida competencia.

Si lo desea, puede incluir más información:

**3.3.3. ¿Existen empresas competidoras extranjeras que venden en España?**



Si.  No (puede pasar directamente a la pregunta siguiente, la número 3.3.4).

En caso afirmativo:

- a) ¿De qué países son estas empresas principalmente?:
- b) ¿Cuáles son los principales tipos de productos que venden estas empresas en España?  
Por favor, detallar:
- c) ¿Qué cuota de mercado estima que disponen las empresas extranjeras en el mercado español?
- Entre el 1 y el 15 %.                       Entre el 15 y el 50%.
- Entre el 50 y 75 %.                       Más del 75 %.
- d) ¿Considera que estas empresas disponen de alguna ventaja competitiva respecto de las empresas españolas? En caso afirmativo, por favor, señale cuáles son:
- Mejor calidad de productos.
- Menores costes de producción.
- Acuerdos comerciales o de Grupo de empresas.
- Ninguna competencia nacional.
- Otras razones (por favor, especificar):

**3.3.4. ¿Considera que la industria española posee mayor experiencia y nivel técnico en su sector de actividad que la del resto de países de la UE?**

Si.  No. En tal caso, ¿cuáles son los países que poseen mayor experiencia y nivel tecnológico?

Por favor, detallar:

**3.3.5. ¿Cuáles considera que son los puntos fuertes y débiles de las empresas españolas respecto de las empresas extranjeras en el mercado de las calderas industriales?**



- Fortalezas (por favor, detallar):
- Debilidades (por favor, detallar):

### 3.4. Administraciones públicas:

3.4.1. ¿Considera que las Administraciones públicas y la regulación normativa juegan un papel relevante en su sector?

Sí.  No.

En caso de que lo desee, por favor, detallar:

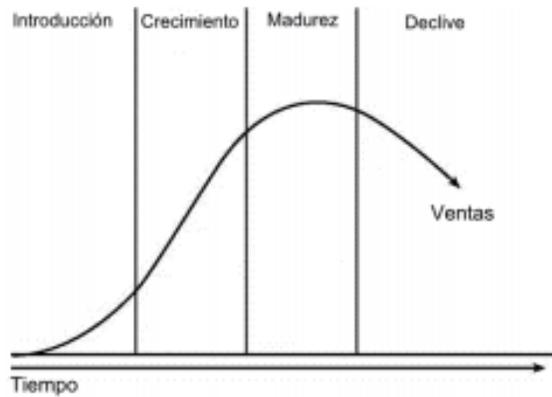
3.4.2. ¿Qué actuaciones considera que podrían desarrollar las Administraciones públicas para incentivar la actividad de su sector en España?

Por favor detallar:



**4. DATOS DE MERCADO**

**4.1. ¿En cuál de estas fases consideraría que se encuentra su sector de actividad en relación con su producto?**



1. Introducción	<input type="checkbox"/>
2. Crecimiento	<input type="checkbox"/>
3. Madurez	<input type="checkbox"/>
4. Declive	<input type="checkbox"/>

**4.2. Valore las previsiones de demanda de calderas industriales en los próximos años.**

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

1. Incremento de la demanda a razón de una tasa anual superior al
2. Incremento de la demanda en una tasa anual de entre el 1 y el 5
3. Se mantiene la demanda actual.
4. Reducción de la demanda en una tasa anual de entre el 1 y el 5%
5. Reducción de la demanda a una tasa superior al 5% anual.

**4.3. ¿Considera que su sector está muy afectado (más que otros mercados) por la crisis económica actual?**

SI.       No.

En caso afirmativo, por favor, detallar posible causas:

En caso afirmativo, por favor, detallar actuaciones que se estén acometiendo para sortear la crisis y/o aprovechar las oportunidades del sector ante el panorama actual:



**4.4. ¿Cuáles considera que son las amenazas o situaciones negativas externas que pueden atentar contra su sector?**

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Elevado número de competidores.             | <input type="checkbox"/> Carencia de financiación. |
| <input type="checkbox"/> Sector muy relacionado con la construcción. | <input type="checkbox"/> Servicios prescindibles.  |
| <input type="checkbox"/> Capacidad tecnológica insuficiente.         | <input type="checkbox"/> Baja productividad.       |
| <input type="checkbox"/> Rigidez del mercado laboral                 |  |
| <input type="checkbox"/> Otros (por favor, especificar):             |  |

**4.5. Por el contrario, ¿cuáles considera que son las oportunidades externas positivas, que se generan en el entorno, y que, una vez identificadas, pueden ser aprovechadas por su sector?**

Por favor, detallar:

**4.6. ¿Ha considerado la posibilidad de trasladarse a diferentes mercados o comenzar la producción de nuevos productos?**

- Sí.
- Por ahora no, únicamente deseamos intensificar la presencia en el propio mercado.

En caso afirmativo, se están planteando:

- Fabricación de los mismos productos para otros mercados nuevos aparte del actual.
- Fabricación de nuevos productos para el mismo mercado en que operamos.
- Fabricación de nuevos productos para mercados en los que actualmente no operamos.
- Deslocalización a otros países.
- Otros (por favor, detallar):

**4.7. ¿Qué medidas considera que se podrían desarrollar para incentivar la demanda actual de productos de su actividad?**

Por favor, detallar:



**4.8. De acuerdo con los datos de importación, se desprende que existen huecos de actividad relacionados con la fabricación, venta, utilización y prestación de servicios relacionados con las calderas industriales y su equipamiento que podrían ser acometidos más eficientemente por la industria nacional. ¿Podría indicar, de la lista adjunta, dónde situaría estos huecos y con qué importancia los valoraría (valorar de 1-5, siendo el 1 el de mayor importancia y el 5 el de menor)?**

- Regulación y control.
- Reducción de emisiones contaminantes (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>)
- Residuos y su reciclaje
- Menores consumos energéticos durante operación.
- Logística y transporte.
- Inspección y control de fabricación.
- Mantenimiento preventivo y predictivo.
- Nuevos materiales.
- Mejora de los procesos de fabricación.
- Prestación de servicios como Empresa de Servicios Energéticos (ESE)

Por favor, detallar:

**4.9. Conoce datos de mercado sobre valor económico de los productos o unidades producidas que se importan y exportan en su sector. ¿Qué fuentes de información utiliza? ¿Podría aportarnos algunos datos?**

Por favor, detallar:



## 5. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR:

5.1. ¿Considera que el ahorro y la eficiencia energética son aspectos valorados en sus productos por los clientes? ¿Con qué importancia cree que se valora por los demandantes?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

1. Muy valorado.
2. Valorado de forma intermedia.
3. Poco valorado.
4. Nada valorado.
5. NS/NC.

5.2. ¿Cuáles son los principales factores y actuaciones que permiten que el uso de sus productos genere un mayor ahorro y eficiencia energética?

- Utilización de nuevas tecnologías.
- Utilización de determinados materiales (por ejemplo, más resistentes).
- Uso de combustibles adecuados.
- Operación y mantenimiento adecuado.
- Mejor programación y versatilidad.
- Otros (por favor, especificar):

5.3. ¿Qué partes, accesorios e instrumentos de las calderas considera que son los más relevantes en materia de eficiencia energética y en los que considera que se podría trabajar más para mejorar la eficiencia energética del sistema?

Por favor, detallar:

5.4. ¿Ve de utilidad las auditorías energéticas u otros estudios de cuantificación de ahorros energéticos y económicos como instrumento de venta de sus productos?

- Sí.       No.



**5.5. ¿Considera que actualmente es rentable invertir en la fabricación de productos que ofrezcan un mayor ahorro energético para el cliente?**

- Sí, dado que sus costes de fabricación son similares a los de otros productos.
- Sí, dado que, aunque sus costes de fabricación son superiores y por tanto su precio de venta es mayor, a la larga suponen un ahorro de costes para los clientes.
- Sí, dado que es percibido como producto verde y actualmente son muy demandados en el mercado.
- No, dado que los clientes únicamente tienen en cuenta su precio a la hora de comprar el producto (y no analizan los ahorros de costes obtenidos).

**5.6. ¿Considera que sus calderas y equipos son eficientes energéticamente?**

- Sí.
- Sí, pero podrían ser más eficientes. ¿En qué aspectos y cómo podrían mejorar su eficiencia? Por favor, detallar:
- No.

**5.7. ¿Considera que la normativa y planes actuales en materia de eficiencia y ahorro energético activarán la venta de productos en su mercado?**

- Sí.  No.

Si considera que se deberían realizar más actuaciones desde la Administración pública, por favor, detallar cuáles:

**5.8. ¿En los últimos tiempos, sus proveedores han comenzado a ofrecerle nuevos productos en materia de eficiencia energética?**

- Sí.  No.

En caso afirmativo, por favor, detallar:



**5.9. ¿Su empresa se decanta normalmente por la adquisición de productos más eficientes energéticamente?**

Sí, siempre.       Sí, siempre y cuando el precio no sea excesivamente elevado.

No. La eficiencia energética no es un parámetro que tengamos muy en cuenta.

**5.10. ¿Considera que en el extranjero se están fabricando y utilizando equipamiento y partes de calderas que incrementan la eficiencia energética de las calderas y que todavía no se fabrican en España?**

Sí.     No.

En caso afirmativo, por favor, detallar los equipos considerados:

¿Por qué considera que no se están fabricando?,

Mercado escaso.       Fuerte competencia.

Legislación y normas       Inversión necesaria.

Situación tecnológica.       Otros, por favor, especificar:

Por favor, desarrollar más la/s causa/s:

¿Qué considera que se debería hacer para que se fabricaran en España?

Por favor, especificar:

**5.11. ¿Conoce las Mejores Tecnologías Disponibles (MTDs) en materia de calderas industriales? Las MTDs aplicables a los diferentes sectores industriales se recogen a nivel europeo en los Documentos BREF (Documento de Referencia sobre las MTD) según la ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y control integrados de la Contaminación.**

Sí.       No.

En caso afirmativo, ¿considera que sus productos se adecuan a las Mejores Tecnologías Disponibles?:

En caso contrario, por favor, especificar medidas necesarias:



**5.12. ¿Conoce el Real Decreto 1369/2007, de 19 de octubre, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico?**

Sí.       No.

¿Considera que la aplicación del Real Decreto podrá abrir posibilidades de mercado para su sector y para su empresa? ¿De qué forma?

Si es posible, por favor, detallar:

**5.13. ¿En qué fases del ciclo de vida de sus productos tiene en cuenta criterios de diseño ecológico?**

- Selección y uso de materias primas.
- Diseño.
- Fabricación.
- Transporte y distribución.
- Instalación y mantenimiento.
- Utilización.
- Final de la vida útil (término de la utilización hasta la eliminación final).

**5.14. ¿Las actuaciones que realizan las Administraciones Públicas para el fomento de la eficiencia energética les ayudan en la venta de productos y/o servicios?**

Sí.       No.

**5.15. ¿Cuáles son las actuaciones realizadas por las Administraciones Públicas en materia de eficiencia energética que más destacaría y que considera más positivas para su negocio?**

Por favor, detallar:



**5.16. ¿Qué otras actuaciones considera que podrían desarrollar las Administraciones Públicas en eficiencia energética para incentivar más la actividad de su sector?**

- Subvenciones
- Normativa en materia de eficiencia energética
- Fomento del I+D+i
- Otros (por favor, especificar):



## 6. EMPRESAS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS (ESE):

### 6.1. ¿Conoce la actividad de las Empresas de Servicios Energéticos (ESE)?

Sí.     No.

### 6.2. ¿Ha trabajado con alguna de estas empresas o mantenido alguna relación con alguna de ellas (clientes, proveedores, etc.)?

Sí.     No.

### 6.3. ¿Qué puede aportar su empresa a este tipo de servicios?

- Diseño del sistema.     Control y seguimiento de equipos.
- Fabricación de equipos.     Asesoramiento en eficiencia energética.
- Financiación a clientes.

Otros (por favor, especificar):

### 6.4. ¿Desarrolla algún proyecto o presta servicios como Empresa de Servicios Energéticos (ESE)?

Sí.     No.

En caso afirmativo, por favor, describir servicios realizados y vía de financiación de los proyectos (recursos propios, financiación externa, etc.):

### 6.5. ¿Considera que son un buen modelo de negocio y que tendrá éxito en España?

Sí.     No.

Por favor, detallar:

### 6.6. ¿Cuáles considera que son las barreras para la implementación de este negocio en España? Especificar también las dificultades que tendría para su empresa.

Por favor, detallar:

Muchas gracias por sus respuestas

Inventario y caracterización de calderas en El Salvador

Formatos de Inspección de Calderas Eficiencia Energética

<b>Datos de la instalación</b>			
Titular		Dirección	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Localidad		Provincia	Cód. Postal
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>
Persona de contacto		Teléfono	Zona Climática
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Datos del generador de calor 1</b>			
Marca Caldera		Modelo Caldera	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Año construc.		<input type="text"/>	
Marca Quemador		Modelo Quemador	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Año construc.		<input type="text"/>	
Potencia nominal caldera (kW)	Potencia útil caldera (kW)	Potencia máx. quemador (kW)	Potencia mín. quemador (kW)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Tipo de caldera</b>		<b>Combustible</b>	
<input type="checkbox"/> Estándar <input type="checkbox"/> Baja temp. <input type="checkbox"/> Condensación		<input type="checkbox"/> Gas natural <input type="checkbox"/> GLP <input type="checkbox"/> Gasóleo <input type="checkbox"/> Carbón <input type="text"/> Otro	
<b>Rendimiento del generador de calor 1</b>			
CO <sub>2</sub> (%)	<input type="text"/>	Rendimiento energético (%)	Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
CO (ppm)	<input type="text"/>		
Índice Bacharach	<input type="text"/>		
<b>Datos del generador de calor 2</b>			
Marca Caldera		Modelo Caldera	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Año construc.		<input type="text"/>	
Marca Quemador		Modelo Quemador	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Año construc.		<input type="text"/>	
Potencia nominal caldera (kW)	Potencia útil caldera (kW)	Potencia máx. quemador (kW)	Potencia mín. quemador (kW)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Tipo de caldera</b>		<b>Combustible</b>	
<input type="checkbox"/> Estándar <input type="checkbox"/> Baja temp. <input type="checkbox"/> Condensación		<input type="checkbox"/> Gas natural <input type="checkbox"/> GLP <input type="checkbox"/> Gasóleo <input type="checkbox"/> Carbón <input type="text"/> Otro	
<b>Rendimiento del generador de calor 2</b>			
CO <sub>2</sub> (%)	<input type="text"/>	Rendimiento energético (%)	Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
CO (ppm)	<input type="text"/>		
Índice Bacharach	<input type="text"/>		
<b>Aislamiento tuberías</b>			
<input type="checkbox"/> Revisión de todos los tramos visibles de tuberías y equipos en sala de máquinas			Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Mantenimiento</b>			
<input type="checkbox"/> Revisión de Partes y/o Libro de Mantenimiento			Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Datos de Inspección</b>			
Realizada por		Fecha inspección	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Empresa		Fecha anterior insp.	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
		Período analizado	
		<input type="text"/>	
			Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No



## Formatos de Inspección de Calderas de más de 15 años

<b>Datos de la instalación</b>		Hoja n° _____ de _____
Titular _____		Dirección _____
Localidad _____	Provincia _____	Cód. Postal _____
Persona de contacto _____	Teléfono _____	Zona Climát. _____

<b>Datos del generador de calor</b>	
Marca Caldera _____	Modelo Caldera _____
Marca Quemador _____	Modelo Quemador _____
Pot. medida caldera (kW) _____	Pot. nominal caldera (kW) _____
Pot. máx. quemador (kW) _____	Pot. mín. quemador (kW) _____
Año construc. _____ Año construc. _____ Falta Placa Caract. Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Combustible: <input type="checkbox"/> Gas Natural <input type="checkbox"/> GLP <input type="checkbox"/> Gasóleo <input type="checkbox"/> Fuel <input type="checkbox"/> Carbón <input type="checkbox"/> Otro _____	

<b>Ratio anual energía consumida por superficie calefactada</b>	
Energía nom. consumida (kWh) _____	<input type="checkbox"/> Cal. <input type="checkbox"/> Cal. + ACS <input type="checkbox"/> Cal. + ACS + Cocina Ratio (kWh/m <sup>2</sup> ) _____ Valor máx. _____
Superficie útil calefactada (m <sup>2</sup> ) _____	Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Potencia Radiadores (INDIV), Kw _____	

<b>Rendimiento del generador de calor</b>	
Rend. SimulB. Datos IDAE _____ Rend. Simul. Alternativo _____ Fórmula de cálculo: _____ Rendimiento combustión (%) _____ Horas funcionamiento (Hf) _____ Pot. med. real produc. (kW) _____ Coefic. Operación (Co) _____ Rendimiento Fórm. Cálculo _____	<b>Instalaciones con contador energía térmica</b> <input type="checkbox"/> E. térmica útil Caldera 1 (kW) _____ <input type="checkbox"/> E. térmica útil Caldera 2 (kW) _____ <input type="checkbox"/> E. térmica útil Caldera 3 (kW) _____ <input type="checkbox"/> Suma Total E. Útil (kW) _____
Rendimiento global del generador de calor (%) _____	Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No ≥ 60%

<b>Regulación y Control</b>	
Instalación Individual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Termostato de ambiente <input type="checkbox"/> Termostato regul. caldera <input type="checkbox"/> Termostato segur. caldera <input type="checkbox"/> Termómetro impul. caldera <input type="checkbox"/> Reg. Modul. quemador <input type="checkbox"/> Ajuste nec. Térmicas	Instalación Colectiva <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Regul. función temp. exterior <input type="checkbox"/> Termostato regul. caldera <input type="checkbox"/> Termostato por cada llama <input type="checkbox"/> Regul. modul. quemador <input type="checkbox"/> Termostato segur. caldera <input type="checkbox"/> Termómetro impul. caldera <input type="checkbox"/> Termómetro retorno caldera
Instalación Colectiva por anillos <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Termostato ambiente en viv. <input type="checkbox"/> Sistema individ. del gasto	Instalación Colectiva (ACS) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Termostato regul. ACS <input type="checkbox"/> Termómetro ACS <input type="checkbox"/> Contadors ACS en viv.
Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	

<b>Aislamiento tuberías</b>	
<input type="checkbox"/> Aplicable <input type="checkbox"/> No Aplicable <input type="checkbox"/> Revisión de todos los tramos visibles de tuberías que discurran por locales no calefactados	Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

<b>Mantenimiento</b>	
<input type="checkbox"/> Certificados revisión anual (Individual) <input type="checkbox"/> Revisión de Partes y/o Libro de Mantenimiento	Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

<b>Datos de Inspección</b>	
Realizada por _____	Fecha inspección _____
Empresa _____	Fecha anterior insp. _____
	Período analizado _____
Cumple <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	

Tesis: Desarrollo de herramienta de cálculo para la eficiencia de las calderas generadoras de vapor

Tabla 3.1. Medición de los parámetros para la humedad del aire

<b>Parámetro/Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Temperatura de Bulbo Seco (°C)										
Presión Barométrica (kPa)										
Humedad Relativa (%)										

Tabla 3.2. Medición de los parámetros en los gases de combustión

<b>Parámetro/Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Temperatura Gases Chimenea (°C)										
O <sub>2</sub> en Gases Chimenea (%)										
CO en Chimenea (ppm)										

Tabla 3.3. Medición de las superficies y temperaturas de la caldera.

<b>Áreas</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>5</sub></b>	<b>T<sub>6</sub></b>	<b>T<sub>7</sub></b>	<b>T<sub>8</sub></b>	<b>T<sub>9</sub></b>	<b>T<sub>10</sub></b>
<i>Lado Norte</i>											
<i>Lado Este</i>											
<i>Lado Oeste</i>											
<i>Lado Sur</i>											
<i>Temperatura cerca de la Superficie</i>											

Tabla 3.4. Medición de los parámetros de flujo presión y temperatura del agua en el proceso de generación de vapor.

Parámetro	Flujo (Ton/hr)			Temperatura (°C)		Pre sión(kPa)
	Agua	Vapor	Purga	Agua	Vapor	Vapor
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Tabla 3.5. Medición de las variables asociadas al gas combustible.

Composición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Compuesto (%Vol.)</b>										
CH4										
CH2										
C2H4										
C2H6										
C3H6										
C3H8										
iC4H10										
nC4H10										
iC5H12										
nC5H12										
C6H14										
C7H8										
C8H10										

Tabla 3.5. Continuación

Composición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Compuesto (%Vol.)										
N2										
NH3										
CO										
CO2										
SO2										
H2										
H2S										
H2Ov										
O2										
Temperatura (°C)										
Flujo (SFt3/hr)										

Tabla 4.1. Características de las calderas identificadas

Tipo de Caldera	Combustion Engineering	Zurn Industries
Capacidad	215000 Kg/hr	113400Kg/hr
Tipo de Combustible	Gaseoso	Gaseoso
Presión	7411,8 kPa	5171,02 kPa
Superficie Total	589,66 m2	271,91m2
Temperatura Sobrecalentador	482 °C	399 °C
Forma de Calefacción	Acuotubular	Acuotubular
Tipo de Circulación	Natural	Natural
Tipo de Movilidad	Fija	Fija
Tipo de Horno	Tipo D	Tipo O
Tipo de Generación	Vapor	Vapor

Tabla 4.2. Equipos y partes de las calderas

Equipos y partes	Combustion Engineering	Zurn Industries
Economizador	si	si
Sobrecalentador	si	si
Bomba de alimentación	si	si
Tambor de vapor	si	si
Tambor inferior	si	si
Precaalentador de aire	si	no
Piloto de ignición	si	si
Ventilador de aire	si	si

Tabla 4.3. Normas empleadas

Elemento del diseño	Norma empleada
Evaluación del proceso de combustión	ASME PTC 4-2008
Características de los gases	ASTM D3588-98
Calculo de Entalpias	ASME PTC 4-2008
Propiedades del aire	ASME PTC 4-2008
Calculo de pérdidas de calor	ASME PTC 4-2008
Propiedades del Agua	ASME PTC 4-2008
Memoria de cálculo	ASME PTC 4-2008

Lista de Chequeo del Registro de Caldera según lo dispuesto en el D.S.N°48/1984

**INFORME FINAL**

Antecedentes para Elaborar una Norma de Emisión para Calderas y Procesos de Combustión en el Sector Industrial, Comercial y Residencial

**ANEXO 10: LISTA DE CHEQUEO DEL REGISTRO DE CALDERA SEGÚN LO DISPUESTO EN EL D.S. N° 48/1984**

Antecedentes Caldera	Regiones														
	Arica y Parinacota	Tarapacá	Antofagasta	Atacama	Coquimbo (*)	Valparaíso	RM (*)	O'Higgins	Maule	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Aysén	Magallanes y Antártica (*)
Nombre del propietario	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	
Dirección de la instalación	x	x	x <sup>2</sup>	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x <sup>1</sup>
Nombre del fabricante	x	x	x	x <sup>1</sup>		x <sup>1</sup>		x	x	x <sup>3</sup>			x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>	
Número de fabricación	x	x		x <sup>1</sup>		x <sup>1</sup>		x	x	x <sup>3</sup>			x <sup>1</sup>		
Año de construcción	x	x		x <sup>1</sup>		x <sup>1</sup>		x	x	x <sup>4</sup>			x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>	
Superficie de calefacción		x				x <sup>1</sup>		x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>	x <sup>3</sup>			x <sup>1</sup>		
Presión máxima de trabajo		x	x			x <sup>1</sup>		x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>	x <sup>4</sup>			x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>	
Producción de vapor		x	x			x <sup>1</sup>		x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>				x		
Tipo de combustible empleado		x	x	x <sup>1</sup>		x <sup>1</sup>		x <sup>1</sup>	x	x <sup>5</sup>	x	x	x	x <sup>1</sup>	
Sistema de tratamiento de agua de alimentación						x <sup>1</sup>									
Informar cuando deje de utilizarlo, lo traslade o lo transfiera				x		x			x		x				

(\*) No entregaron el Registro de Calderas.

<sup>1</sup> Solo algunas empresas entregan la información.

<sup>2</sup> Solo señalan la comuna.

<sup>3</sup> Información incompleta, ya que de las cuatro provincias de la Región, solo la provincia de Concepción entrega la información.

<sup>4</sup> Información incompleta, ya que de las cuatro provincias de la Región, solo las provincias de Concepción y Ñuble entrega la información.

<sup>5</sup> Información incompleta, ya que de las cuatro provincias de la Región, solo la provincia de Concepción, Ñuble y Arauco entrega la información.

Recomendaciones en el llenado de formatos (Ámbito Industrial, Pesquero y Acuícola)

**CUESTIONARIO ENERGETICO AMBIENTAL DE CALDERAS INDUSTRIALES  
SECTOR PESQUERO**

**DATOS GENERALES DE LA EMPRESA PESQUERA**

Razón Social:		RUC:
Tipo de proceso Industrial:		
Dirección:		
Distrito:	Prov.:	Dpto:
Tel.:	Fax:	E-mail:

**I PARTE**

**INFORMACIÓN DE LAS CALDERAS ACTUALMENTE EN OPERACIÓN**

INFORMACION OBLIGATORIA	CALDERA 1	CALDERA 2	CALDERA 3	CALDERA 4	CALDERA 5	CALDERA 6
1) Código de fabricación						
2) Potencia (BHP)						
3) Marca y Modelo						
4) Superficie de calentamiento (pie <sup>2</sup> , m <sup>2</sup> ) (especificar unidad)						
5) Año de fabricación						
6) Norma de fabricación utilizada (ASME, DIN)						
7) Tipo de caldera: pirotubular, acuotubular, otros (especificar)						
8) Presión de diseño (psi, kg/cm <sup>2</sup> ) (especificar unidad empleada)						
9) Presión de trabajo (psi, kg/cm <sup>2</sup> ) (especificar unidad empleada)						
10) Tiempo de funcionamiento (horas/semana)						
11) Tipo de combustible: GLP, Diésel 2, residual 6, residual 500, (especificar gas natural)						
12) Generación de vapor (toneladas/Hr) Según fabricante/teórico						
13) Consumo combustible (galones/año, toneladas/año, pie <sup>3</sup> /año) (especificar unidad empleada)						

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



14) Consumo agua alimentación (m <sup>3</sup> /día)						Personaliza
15) Temperatura gases chimenea (°C) (medido a la fecha)						
16) Exceso de aire combustión (%) (teórico sin evaluación-promedio)						
17) Eficiencia de combustión (%) Teórica según fabricante						
18) Eficiencia energética (%) Teórica según fabricante						
19) Consumo específico de combustible (unidad de combustible/tonelada vapor) especificar unidad de combustible usada						

**CUESTIONARIO SOBRE OPERACIÓN DE LAS CALDERAS INDUSTRIALES EN PLANTAS PESQUERAS (TODOS LOS PROCESOS)**

20) ¿Cuáles son los problemas más frecuentes que presentan sus calderas en operación?

---

21) ¿Qué calderas necesitan un mantenimiento correctivo mayor? ¿Por qué?

---

22) ¿Cuáles son las razones técnicas por las que las calderas necesitan ser reemplazada por nuevas? ¿por obsolescencia y/o término de vida útil?. Fundamente

---

23) ¿Con qué periodicidad utiliza instrumentación electrónica para regular la combustión en los quemadores?

---

24) ¿Qué tipo(s) de mantenimiento y con qué periodicidad (anual, semestral, etc.) se realizan en la caldera en planta? Fundamente los procedimientos según norma ASME.

---

25) ¿Con qué periodicidad se controla la eficiencia energética de sus calderas? fundamente técnicamente, usa instrumentación electrónica según norma ASME.

---

26) La eficiencia energética de sus calderas, ¿la evalúa personal propio o contrata el servicio de terceros? Explique los procedimientos de campo.

Personal Propio                       Se contrata el servicio de terceros

Nombre de la empresa consultora o contratista que brindo el servicio, diga en que año se efectuó los respectivos servicios.

Personaliza

27) En caso que el personal de la Empresa Pesquera haya evaluado la eficiencia energética de la Caldera: ¿qué grado de instrucción poseen (ingeniero, técnico, operador empírico)? ¿qué instrumentos y qué método emplearon (directo o indirecto)? Fundamente técnicamente, además viabilice algún procedimiento técnico de mejora tecnológica que se halla implementado o alta tecnología.

28) De contarse con algún Fondo de Financiamiento para apoyar la renovación por calderas de alta eficiencia o la optimización o conversión a gas natural (virtual o mediante ductos metálicos según posición geográfica) de calderas actualmente en operación, con la finalidad de mejorar la eficiencia energética de esos equipos, reducir costos de operación y/o reducir la generación de gases de efecto invernadero (GEI) ¿su empresa estaría dispuesta a solicitar financiamiento financiero para? **(marcar con una X)**:

- Renovación de las calderas existentes en la empresa
- Optimización de las calderas y equipos auxiliares
- Conversión a gas natural
- No solicitaría financiamiento

Nombre de la persona que llenó el formulario:	Firma de la persona que llenó el cuestionario y sello de la empresa
Cargo:	

**II PARTE**

MANTENIMIENTO DE CALDERAS			
1) ¿Cuáles son los tipos de mantenimiento practicados durante la vida útil de la caldera ( <b>25 años</b> ) en los primeros 05 años?	Correctivo <input type="text"/>	Preventivo <input type="text"/>	Predictivo <input type="text"/>
2) ¿Cuáles son los tipos de mantenimiento practicados durante la vida útil de la caldera ( <b>25 años</b> ) en los primeros 10 años?	Correctivo <input type="text"/>	Preventivo <input type="text"/>	Predictivo <input type="text"/>
3) ¿Cuáles son los tipos de mantenimiento practicados durante la vida útil de la caldera ( <b>25 años</b> ) en los primeros 15 años?	Correctivo <input type="text"/>	Preventivo <input type="text"/>	Predictivo <input type="text"/>
4) Usted, ¿ha formulado un balance económico de la gestión del mantenimiento con costos de mantenimiento desde la adquisición de calderos hasta el término de su vida útil ( <b>25 años</b> )?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
5) ¿Ha practicado o evaluado pruebas radiográficas y metalográficas de las placas portatubos y flue de la caldera y que periodicidad lo ejecuta? <b>Según norma ASME</b>			
6) ¿Tiene un plan de renovación y de mejora tecnológica de accesorios y piezas auxiliares de la caldera (válvulas, accesorios, controles u otros)?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
7) Cada cuanto realiza el procedimiento técnico del lavado químico y con qué frecuencia lo ejecuta? ¿qué soluciones químicas introduce al caldero para este procedimiento? <b>según norma ASME.</b>			
8) ¿Tiene usted un plan de mantenimiento predictivo estratégico como: Balanceo dinámico y estático ( <b>ventilador del quemador, rodamiento de motores u otros</b> )? Explique si lo posee o ha implementado dicho plan.			

9) ¿Cuál es su protocolo y procedimiento técnico <b>según la norma ASME</b> para ejecutar la prueba hidrostática en la caldera cuando el equipo ha sido intervenido por un mantenimiento correctivo mayor /OVERHAUL?, explíquelo con detalle en su caso.
10) En su plan general de mantenimiento de planta, ¿tiene incluido los formatos de costos operativos de la caldera ( <b>compra de repuestos, costos de depreciación de equipo, costos de mantenimiento</b> )? Explíquelo
11) ¿Qué esquema financiero contable, asume para la finalización técnica de la vida útil de una caldera tiene un procedimiento dentro de la gestión del mantenimiento y financieramente lo puede probar? <b>Explíquelo</b>
12) ¿Existe vigilancia química tecnológica adecuada y eficiente en el tratamiento de aguas para el suministro de la caldera y usa Planta de osmosis inversa para dicho fin? <b>Fundamente.</b>

### **III PARTE**

<b>PRESERVACIÓN DEL EQUIPO (CALDERA) Y DE EQUIPOS AUXILIARES</b>
1) ¿Cuál es el estado real y físico del tanque de condensados y conexiones de tuberías controles y sensores electrónicos para mantener estable los rangos de temperatura de la recuperación del condensados proveniente del proceso industrial y de las redes troncales que usan Vapor saturado? <b>Explíquelo.</b>
2) ¿Cuál es el estado de operación de la bomba de suministro de agua a la caldera (Instrumentación)?. <b>Explicar detenidamente el seguimiento de mantenimiento predictivo que se le practica.</b>
3) ¿Qué tipo de Control de nivel de agua ( <b>tipo y tecnología/mecánico/electrónico</b> )?
4) ¿Qué tipo de Control de nivel de presión ( <b>según tecnología</b> )?
5) ¿Qué tipo de Control de temperatura de humos ( <b>tipo y características físicas</b> )?
6) Estado real de la tubería troncal de vapor ( <b>estado, diseño e incluye aislamiento térmico</b> ). Explique solo lo concerniente en la sala de calderas.
7) Válvula principal de vapor de la caldera ( <b>tipo, estado, características técnicas</b> ).
8) ¿Existen controles adicionales electrónicos, como equipos auxiliares a la caldera? Explique con detalle dentro de sus instalaciones de la caldera.

**IV PARTE**

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN CALDERAS
1) ¿Ha implementado un sistema de automatización electrónico en su caldera?. Explíquelo si ha sido en forma parcial o total.
2) Para usted, lo más conveniente técnicamente para la buena operación de una caldera en su planta industrial ¿cuál sería el área del equipo más importante de automatizar?:  a) Quemador b) Purga de caldero c) Sistema de control de agua al caldero d) Modulación de suministro de vapor e) Modulación y automatización/ control de temperatura en gases de combustión.
3) Debe tener en cuenta que implementar un sistema de automatización de calderas es una inversión financiera inicial onerosa, a la vez es rentable y económico en la optimización de la operación de caldero en su planta a largo plazo. <b>¿Cuál sería la elección de la tecnología adecuada?</b> a) Scada b) Fieldbus c) Otros ( <b>Explicar</b> )
4) ¿Tiene dentro de Sala de calderas un sistema de automatización de calderos con un analizador de gases de combustión en línea ( <b>online</b> ) colocado en su chimenea del caldero? Explique si técnicamente es viable para la mejora de control y supervisión virtual y electrónica de la operación del caldero.
5) ¿Tiene usted un equipo portátil de análisis de gases de combustión electrónico para medir la eficiencia energética de la caldera? <b>Explique si es necesario para la mejora de la operación y la eficiencia del caldero</b>
6) ¿Es necesario la instalación de un sensor de oxígeno para el mejoramiento de la combustión de la caldera? <b>¿Es un equipo que lo requiere técnicamente? Explíquelo.</b>
7) Para la instalación industrial, las calderas deben tener un sistema de control y monitoreo de la operación con software especializado, con este dispositivo se optimiza costos de operación de la caldera. <b>Explique y justifique su adquisición en su planta industrial y si requiere financiamiento ¿cuál sería su costo - beneficio en su planta de producción?</b>

(\*) Basado en la Resolución Ministerial 084-2000-MITINCI-DM (Encuesta Nacional de Calderas)

Curso de Oportunidades en el uso de Óptimo del Vapor Industrial



CURSO OPORTUNIDADES EN EL USO OPTIMO DEL VAPOR INDUSTRIAL



XXIII Seminario  
Nacional

Un cuadro para una instalación más completa puede ser similar al 13.1, 13.2, 13.3.

**CUADRO 2.1** Auditoría energética de la generación de vapor por contabilidad de consumos diarios

Parte diario (Fecha)				Generador n.º								
Hora	Agua		Contador a Reposición	Vapor		Combustible		Aire Temp. ambiente	Humos			
	Temp. Entrada	Contador a alimentación		Presión	Contador vapor	Temp.	Contador		%CO <sub>2</sub>	%O <sub>2</sub>	%O <sub>2</sub>	Temp.
	(°C)	(litros)	(litros)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/h	(°C)	(litros)	(°C)				(°C)

RESUMEN DIARIO					
Tipo de Combustible	_____		Vapor producido	_____	kg de vapor
Poder calorífico	_____	kcal/kg	Consumo	_____	kg de
Consumo combustible	_____	kg/día	combustible	_____	combustible
Vapor producido	_____	kg/día	Agua alimentación	_____	kg/día
			Agua de reposición	_____	kg/día
			Purgas	_____	kg/día

**CUADRO 2.2** Auditoría energética de la generación de vapor por contabilidad de consumos semanales

Resumen semanal. Semana			Generador n.º			
Día	Combustible consumido	Agua evaporada	Evaporación por kg de combustible	Agua de reposición	Horas de producción de vapor	Observacion es
	(kg/día)	(kg/día)	kg vapor combustible		(h/día)	
Total mes						
Costo unitario del combustible	_____			_____	_____	_____ pesos/kg
Costo total de combustible	_____			_____	_____	_____ pesos/mes
Costo de combustible para evaporar 1 t de vapor	_____			_____	_____	_____ pesos/t

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



Laboratorio de Maquinas  
Térmicas

**CURSO OPORTUNIDADES EN EL USO OPTIMO DEL VAPOR INDUSTRIAL**



XXIII Seminario  
Nacional

**CUADRO 2.3** Auditoria energética de la generación de vapor por contabilidad de consumos. Parte de medidas

**Parte diario (Fecha)** \_\_\_\_\_ **Generador n.º** \_\_\_\_\_

Hora	AGUA ALIMENTACIÓN			PRECALENTADOR			COMBUSTIBLE		VAPOR			GASES		PURGAS		
	Caudal (t/h)	Temperatura °C			Temp vapor °C	Presión vapor (kg/cm <sup>2</sup> )	Temp. aire salida	Caudal (t/h)	Temp. °C	Caudal (t/h)	Presión °C	Temp. °C	Análisis		Caudal (t/h)	Temp. °C
		Entrada Desgas.	Entrada Econo.	Salida Econo									%CO <sub>2</sub>	%O <sub>2</sub>		

Proyecto: Programa de Eficiencia Energética

Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

**FORMATO AL1**

INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA

EMPRESA: _____	HOJA: _____	FECHA: _____
ELABORO: _____	FECHA: _____	FIRMA: _____
FIRMA: _____	FECHA: _____	FIRMA: _____
REVISO: _____	FECHA: _____	FIRMA: _____

**LOCALIZACIÓN**

CALLE Y NÚMERO: _____	COLOMIA: _____
LOCALIDAD: _____	MUNICIPIO Y ESTADO: _____ C.P. _____
TELÉFONO: _____	FAX: _____

**DATOS GENERALES**

RAMA INDUSTRIAL: _____	AÑO INICIAL DE OPERACIONES: _____
PRODUCTO MANUFACTURADO: _____	PRINCIPALES DISEÑOS: _____
SUPERFICIE DE TERRENO (m <sup>2</sup> ): _____	SUPERFICIE CONSTRUIDA (m <sup>2</sup> ): _____

**ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA**

NOMBRE DEL FUNCIONARIO	CARGO
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

**FORMATO AL2**

INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA

EMPRESA: _____	HOJA: _____	FECHA: _____
ELABORO: _____	FECHA: _____	FIRMA: _____
FIRMA: _____	FECHA: _____	FIRMA: _____
REVISO: _____	FECHA: _____	FIRMA: _____

**TURNOS DE OPERACIÓN**

TURNO	HORARIO	DIAS A LA SEMANA	HORAS/AÑO
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
RÉGIMEN DE OPERACIÓN: _____	CONTINUO 0	POR TEMPORADA 0	TEMPORADA DE OPERACIÓN: _____

**PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS Y PRODUCCIÓN ANUAL**

MATERIA PRIMA	CONSUMO/ANUAL	PRODUCTO TERMINADO	PRODUCCIÓN ANUAL
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

**CONSUMOS ENERGÉTICOS MENSUAL**

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECEMBER
ELECTRICIDAD	kW											
	kWh											
GAS NATURAL (m <sup>3</sup> )												
COMBUSTIBLE (m <sup>3</sup> )												
GASOLEO (m <sup>3</sup> )												
OTROS												
COSTOS:	TARIFA ELÉCTRICA: _____	GAS NATURAL (m <sup>3</sup> ): _____		COMBUSTIBLE (m <sup>3</sup> ): _____				GASOLEO (m <sup>3</sup> ): _____				

Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

**FORMATO B1**  
**HISTORIAL DE DATOS DE COMBUSTIBLE**

EMPRESA: _____	HOJA: _____
ELABORÓ: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____
REVISÓ: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____

**COMBUSTIBLE:** \_\_\_\_\_ **PROVEEDOR:** \_\_\_\_\_  
**UNIDAD DE REGISTRO:** \_\_\_\_\_ **CAP. DE ALMACEN:** \_\_\_\_\_

MES	INVENTARIO AL INICIO DEL MES	ENTREGAS (1)	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL	PODER CALORÍFICO
PROMEDIO:					
OBSERVACIONES:					

Notas:  
1 Las entregas se refiere a las compras del mes.





Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

**FORMATO B4**  
INSPECCIÓN VISUAL – PREPERATIVOS

EMPRESA: _____	HOJA: _____
ELABORÓ: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____
REVISÓ: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____

GUIAS: _____
NOMBRE: _____ PUESTO: _____
NOMBRE: _____ PUESTO: _____

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	OBSERVACIONES: _____
	_____
	_____
	_____
	_____
	_____
	EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENEGIA TERMICA
	_____
	_____
	_____



Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

**FORMATO B6**  
ENCUESTA DE MANTENIMIENTO

**PROYECTO:** Realización de Auditorías Energéticas en la Industria, el Comercio y los Servicios y Apoyo a la Implementación de Proyectos Pilotos

**EMPRESA:** \_\_\_\_\_

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **FECHA:** \_\_\_\_\_

1. Perfil del Personal de Mantenimiento.
  - a) Licenciatura en Ingeniería
  - b) Técnicos en mantenimiento
  - c) Otros
  
2. Indique en porcentaje, ¿cuáles son los problemas más comunes que se presentan en la gestión del mantenimiento?. Nota: Los porcentajes deben sumar 100%.
  - a) Trámites administrativos %
  - b) Falta de planeación %
  - c) Falta de recursos económicos%
  - d) Falta de capacitación %
  - e) Otros. ¿Cuáles %?
  
3. ¿Cuenta la empresa con un Programa de mantenimiento predictivo?
 

Si (  )                      No (  )

Aspecto	Edad Promedio (años)	Frecuencia				
		Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	Nunca
Mantenimiento preventivo a la Subestación						
Mantenimiento preventivo al Sistema de Iluminación						
Mantenimiento preventivo al Sistema de Aire Acondicionado						
Mantenimiento preventivo al Sistema de Refrigeración						
Mantenimiento preventivo al Sistema de Electromecánico						
Mantenimiento preventivo a Generadores de Vapor y Calentadores						
Mantenimiento preventivo al Sistema de distribución de vapor						
Capacitación al Personal de Mantenimiento						

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

**FORMATO D1**  
IDENTIFICACIÓN DE CALDERAS

EMPRESA: _____	HOJA: _____
ELABORÓ: _____	FECHA: _____
REVISÓ: _____	FIRMA: _____
	FECHA: _____
	FIRMA: _____

CARACTERÍSTICAS	CALDERA					
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Identificación						
Tipo De Combustible						
Presión De Vapor						
Capacidad						
Carga Promedio						
Horas De Operación Año						
Economizador						
Pres. calentador De Agua						
Demasados						
Consumo De Combustible M <sup>3</sup>						
Fecha De Última Prueba De Eficiencia						
Observaciones:	_____					
	_____					

Propuesta Metodológica para el Levantamiento de Información para determinar la Eficiencia Térmica de una Caldera



Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

**FORMATO D2**

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE TRAMPAS PARA VAPOR

EMPRESA: _____	HOJA: _____
ELABORÓ: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____
REVISÓ: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____

No.	Datos	1	2	3	4	5	6
1	Área						
2	Localización o clave de la trampa						
3	Familia de Trampa *						
4	Tipo de Trampa **						
5	Tamaño						
6	Marca						
7	Modelo						
8	Diámetro de Orificio (mm)						
9	Presión del Sistema (kg/cm <sup>2</sup> )						
10	Temperatura en la Trampa °C						
11	Valor Máximo de Medición (db)						
12	Tipo de Flujo ***						
13	Operación Anual (hrs)						
14	Comentarios de Operación						
15	Recomendación						

\* Familias de tramp. MC = Mecánicas; OR = Orificio; TR = Termodinámicas; TS = Termostáticas  
 \*\* Tipos de trampas. Flotador, Cubeta (invertida o abierta). Disco, Pistón, Bimetálicas, Diagrama, otras.  
 \*\*\* C = Continuo; I = Intermitente.

Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

### FORMATO F1

#### CÁLCULO DEL RENDIMIENTO (MÉTODO DIRECTO)

EQUIPO:

F =	_____	Flujo de Combustible, kg/h
(PCI)h =	_____	Poder Calorífico Inferior del Combustible Húmedo, Kcal/kg
Wv =	_____	Flujo de Vapor, kg/h
ha =	_____	Entalpía de agua de alimentación, kcal/kg
hv =	_____	Entalpía de vapor, kcal/kg
E =	_____	Rendimiento

EQUIPO:

F =	_____	Flujo de Combustible, kg/h
(PCI)h =	_____	Poder Calorífico Inferior del Combustible Húmedo, Kcal/kg
Wv =	_____	Flujo de Vapor, kg/h
ha =	_____	Entalpía de agua de alimentación, kcal/kg
hv =	_____	Entalpía de vapor, kcal/kg
E =	_____	Rendimiento

EQUIPO:

F =	_____	Flujo de Combustible, kg/h
(PCI)h =	_____	Poder Calorífico Inferior del Combustible Húmedo, Kcal/kg
Wv =	_____	Flujo de Vapor, kg/h
ha =	_____	Entalpía de agua de alimentación, kcal/kg
hv =	_____	Entalpía de vapor, kcal/kg
E = Rendimiento		

EQUIPO:

F =	_____	Flujo de Combustible, kg/h
(PCI)h =	_____	Poder Calorífico Inferior del Combustible Húmedo, Kcal/kg
Wv =	_____	Flujo de Vapor, kg/h
ha =	_____	Entalpía de agua de alimentación, kcal/kg
hv =	_____	Entalpía de vapor, kcal/kg
E =	_____	Rendimiento

#### FÓRMULAS

$$Q = F * (PCI)h$$

$$E = Wv*(hv-ha)*100/Q$$

Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

---

## FORMATO F2. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO (MÉTODO DE PÉRDIDAS)

EQUIPO:

### 1. Pérdidas por Calor Sensible en los Gases de Combustión:

GFH =	_____	Caudal de Gases Totales (kg gases/kg de combustible)
CPg =	_____	Calor Específico Medio de los Gases (kcal/kg°C)
tg =	_____	Temperatura de los Gases a la Salida (°C)
tai =	_____	Temperatura del aire a la entrada (°C)
(PCI)h =	_____	Poder Calorífico inferior Húmedo del Combustible (kcal/kg)
P1 =	_____	Pérdidas por Calor Sensible en los Gases (%)

FÓRMULAS

$$P1 = GFH * Cpg * (tg - tai) * 100 / ((PCI)h)$$

### 2. Pérdidas por Inquemados:

(O2) =	_____	Contenido de O2 en los gases (%)
(CO) =	_____	Concentración de CO en los gases, ppm
(CH) =	_____	Concentración de CH en los gases, ppm
OP =	_____	Opacidad de los Gases (%)
P2 =	_____	Pérdidas por Inquemados (%)

FÓRMULAS

$$P2 = (21/21 - (O2)) * ((CO)/3100 + (CH)/1000 + OP/65)$$

### 3. Pérdidas por Radiación y Otros:

C =	_____	Capacidad de la Caldera
% C =	_____	Porcentaje al cual Trabaja la Caldera (%)
P3 =	_____	Pérdidas por Radiación y Otros

### 4. Pérdidas Totales:

FÓRMULAS

$$P = P1 + P2 + P3 (\%)$$

### 5. Rendimiento de la Caldera:

FÓRMULAS

$$E = 100 - P (\%)$$

Proyecto: "Programa de Eficiencia Energética" Ministerio de Economía de la República de El Salvador Banco Interamericano de Desarrollo CT No. ATN/OC-11265-E

**FORMATO F3**  
**CONTROL DE PURGAS EN UNA CALDERA**

EQUIPO:

SDTp =	_____	Sólidos Disueltos en el Agua de la Purga (ppm)
SDTa =	_____	Sólidos Disueltos en el Agua de Alimentación (ppm)
Wv =	_____	Flujo de Vapor (Ton/hr)
Ca =	_____	Costo del Agua Tratada (\$/Ton)
hl =	_____	Entalpía de Saturación del Líquido (kJ/kg)
$\eta$ =	_____	Eficiencia del Generador de Vapor (%)
Pc =	_____	Poder Calorífico Superior del Combustible (Kcal/lt)
Cc =	_____	Costo del Combustible (\$/m3)
Hop =	_____	Horas de Operación Anual (horas/año)

EQUIPO:

SDTp =	_____	Sólidos Disueltos en el Agua de la Purga (ppm)
SDTa =	_____	Sólidos Disueltos en el Agua de Alimentación (ppm)
Wv =	_____	Flujo de Vapor (Ton/hr)
Ca =	_____	Costo del Agua Tratada (\$/Ton)
hl =	_____	Entalpía de Saturación del Líquido (kJ/kg)
$\eta$ =	_____	Eficiencia del Generador de Vapor (%)
Pc =	_____	Poder Calorífico Superior del Combustible (Kcal/lt)
Cc =	_____	Costo del Combustible (\$/m3)
Hop =	_____	Horas de Operación Anual (horas/año)

EQUIPO:

SDTp =	_____	Sólidos Disueltos en el Agua de la Purga (ppm)
SDTa =	_____	Sólidos Disueltos en el Agua de Alimentación (ppm)
Wv =	_____	Flujo de Vapor (Ton/hr)
Ca =	_____	Costo del Agua Tratada (\$/Ton)
hl =	_____	Entalpía de Saturación del Líquido (kJ/kg)
$\eta$ =	_____	Eficiencia del Generador de Vapor (%)
Pc =	_____	Poder Calorífico Superior del Combustible (Kcal/lt)
Cc =	_____	Costo del Combustible (\$/m3)
Hop =	_____	Horas de Operación Anual (horas/año)

Cleaner Production-Energy Efficiency Manual

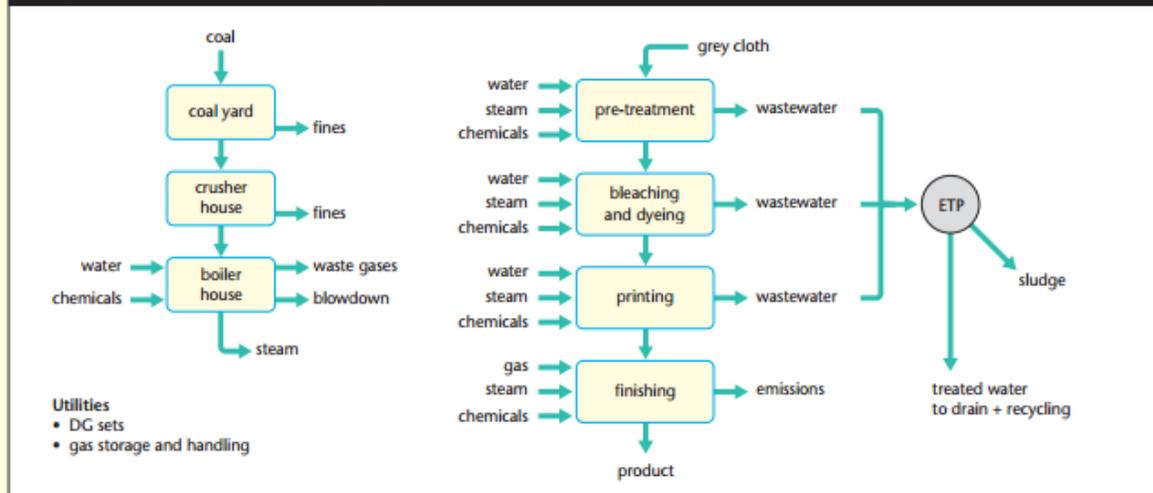
**Running Example: Task 4**

General information about the company was collected, presented in Completed Worksheets 4a to 4f

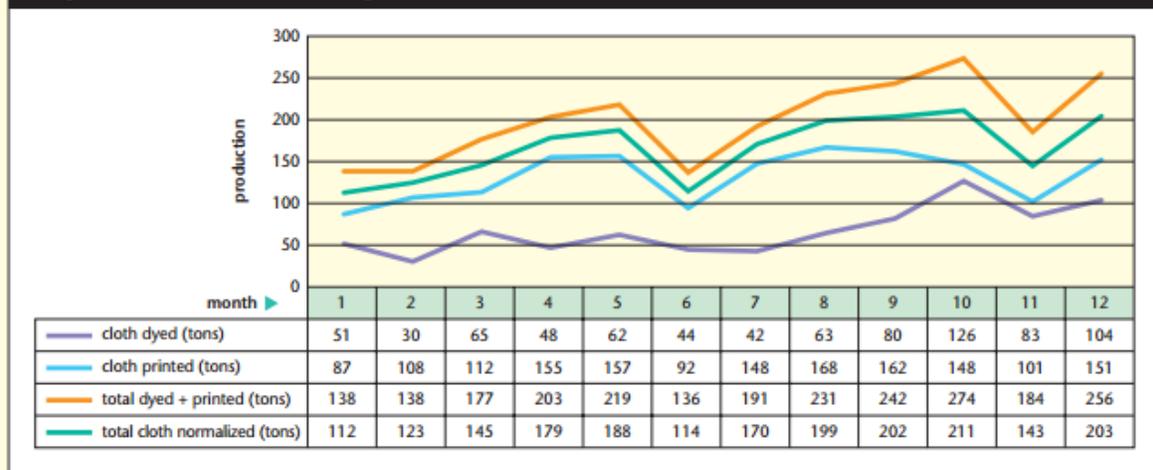
**Completed Worksheet 4a**

Section no.		
1)	Name and address of company	Luthra Dyeing and Printing Mills, 252/2, Luthra Mill Compound, GIDC, Pandersara, India
2)	Contact person • designation • telephone/e-mail	Girish Luthra Director +91 261 28690606 8 / mail@luthraindia.com
4)	Employee strength	550
5)	No. of working hours per year	3 shifts/day, 300 days/yr
6)	No. of batches per year	Approximately 300-400 batches

**Completed Worksheet 4b: General production flowchart**



**Completed Worksheet 4c: Monthly variation**



... Running Example: Task 4 (continued)

**Completed Worksheet 4d: Resource consumption**

On average, the unit processes 8.0 tons of cloth per day. As is typical of textile processing units, the process requires steam, water, gas, compressed air, dyes and printing chemicals, etc. Consumption of major resources per ton of cloth processed in the year 2002 is tabulated below.

Resources	Unit	Months												Total average
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Purchased water	m <sup>3</sup> /ton cloth	115	122	136	148	136	172	143	133	123	136	135	125	135
Total water	m <sup>3</sup> /ton cloth	201	208	222	234	222	258	229	219	209	222	221	211	221
Coal	t/ton cloth	3		4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3
Gas	m <sup>3</sup> /ton cloth	772	846	697	625	611	804	629	656	582	576	623	553	664
Grid electricity	kWh/ton cloth	698	663	345	1 587	234	294	225	234	208	1 469	1 641	1 356	746
Diesel	litre/ton cloth	247	256	363	0	608	417	421	366	361	0	0	0	253
Equivalent electricity from diesel	kWh/ton cloth	827	858	1 216	0	2 037	1 395	1 410	1 227	1 209	0	0	0	848
Total kWh electricity	kWh/ton cloth	1 525	1 521	1 561	1 587	2 272	1 690	1 636	1 461	1 417	1 469	1 641	1 356	1 595
Dyes	kgs/ton cloth	61	65.4	60.5	65.1	60.1	74.2	61	61.4	61.8	61.3	64	63.5	63.2
Gums	kWh/ton cloth	82	80	88	93	85	110	100	93	87	90	99	85	91

**Completed Worksheet 4e: Existing utilities and energy-intensive equipment**

Section no.	Name of utility	Capacity	Quantity	Specifications		
				Make	Type	Specific design parameters
1)	Boiler	6 t/hr	1	IBL	Smoke tube	6 t/hr, 10.98 kg/cm <sup>2</sup> , at 75% eff.
2)	Compressed air system	-	2	-	Screw compressor	250 cfm at 6 kg/cm <sup>2</sup>
3)	DG set	380 kVA 125 kVA	2 1	Kirtoskar Cummins		
4)	Motors	>50 HP 50 – 10 <10	8 16 36	several	3-phase	
5)	Fans	3 280 m <sup>3</sup> /hr	1 1	- -	ID FD	3 280 m <sup>3</sup> hr at 600 mm WC
6)	Pumps	5 m <sup>3</sup> /hr	2	-		4 kg/cm <sup>2</sup> at 30°, 5 m <sup>3</sup> /hr

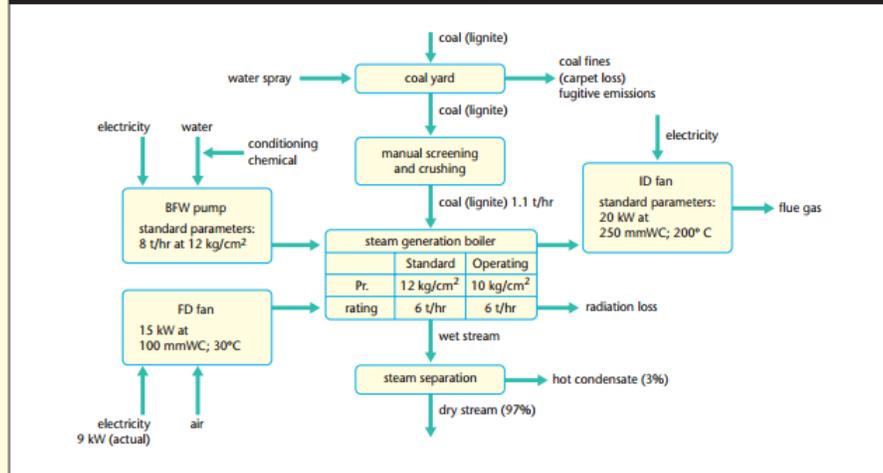
... Running Example: Task 4 (continued)

**Completed Worksheet 4f: Information available within the unit**

Section no.	Information required	Available	Not available	Remarks
1)	Layout			
	• Factory	-		
	• Steam and condensate distribution network		-	
	• Compressed air distribution network		-	
2)	Production details	-		
3)	Process flow diagram	-		
4)	Material balance	-		Partially
5)	Energy balance		-	Partially
6)	Design specification of utilities	-		Partially
7)	Raw material consumption and cost	-		Partially
8)	Energy, water consumption and cost	-		Partially
9)	Waste generation and disposal records		-	
10)	Waste treatment records		-	
11)	Maintenance records	-		

Running Example: Task 7

**Completed Worksheet 7: An example of a process flow diagram (PFD)**



The process flow diagram (PFD) is constructed by connecting the block diagrams of individual unit operations. Sometimes, the best way to create and refine a PFD is to conduct a number of walkthroughs. While preparing a PFD, the team should keep the following points in mind:

- Use blocks to denote the operations. For each block, write the name of the operation and any special

continued over page ...

**Running Example: Task 8**

<b>Completed Worksheet 8: Obvious housekeeping lapses</b>									
Section no.	Name of section	Area	Obvious lapses	Categorization of lapse					
				Solid	Liquid	Gas	Fuel	Electrical	Others
1)	Coal handling	Coal storage	Carpet losses	✓					
			Spontaneous combustion			✓			
			Unsuitable water spray		✓				
2)	Crusher house	Manual crushing	Dusty atmosphere	✓					
3)	Boiler house	Coal	Coal quantity use measurement not provided	✓					
		Feed water	Water flow measurement		✓				
		Boiler	Radiation loss high						✓
		Boiler	Manual fuel firing				✓		
		Boiler	Fuel firing door open regularly				✓		
		Boiler	Ash cleaning done manually						✓
		Boiler	High unburned coal in ash				✓		
		Boiler	Cold air + water supplied to boiler drum			✓			
		Boiler	Major instrument absent 1) Steam temp. 2) Flue gas temp. 3) O <sub>2</sub> in flue gas analyser			✓	✓		
		Boiler	Continuous blowdown without any B/D WHR system						
		Boiler	No WHR from flue gases				✓		
		Boiler	Frequent boiler steam load fluctuation						✓
		Boiler	No damper control of FD and ID fan at any load						✓
	Steam distribution	Steam pipe line flanges and valves not insulated			✓				
	Steam distribution	Main steam line steam traps blowing steam			✓				
	Steam distribution	Traps in process equipment not working properly			✓				
	Steam distribution	Condensate from process equipment traps being drained		✓					
4)	ETP	ETP	Average ETP inlet feed water temp. high (45 °C)		✓				

### Running Example: Task 9

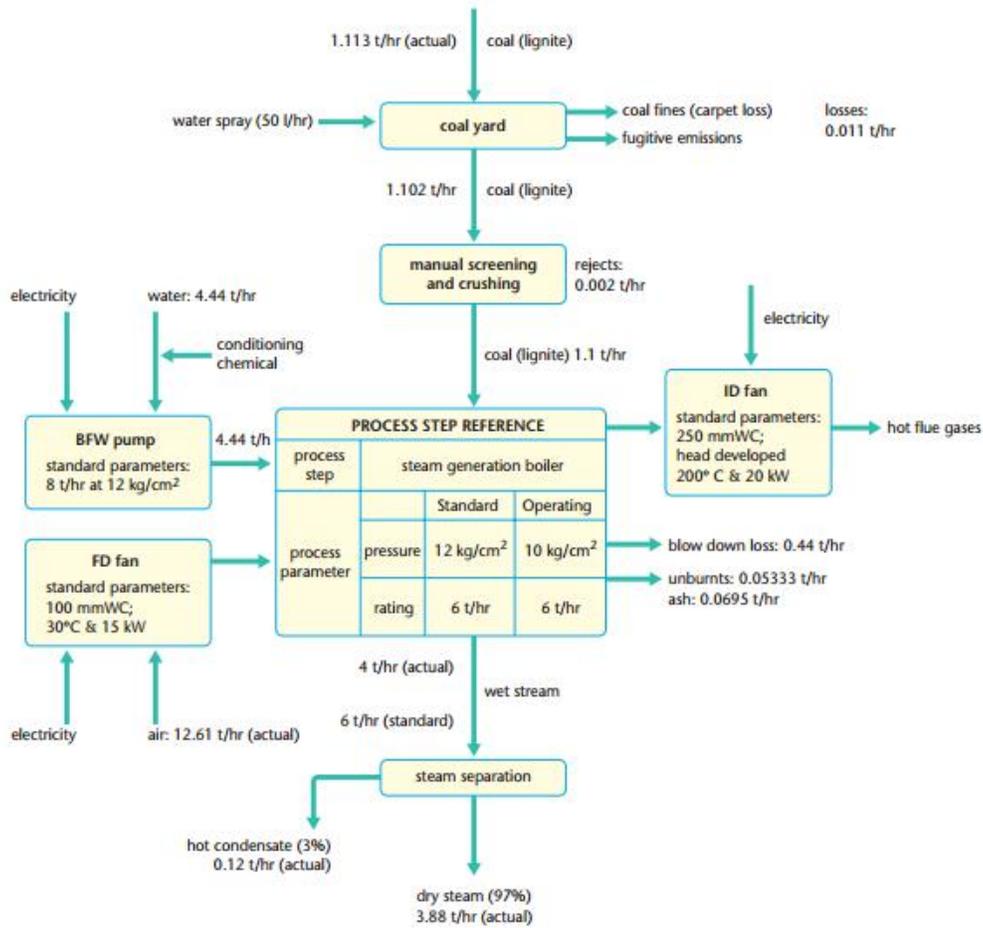
Completed Worksheet 9: Input-output quantification and characterization												
Process steps or unit operations	Inputs	Quantity	Characteristics				Output	Quantity	Characteristics			
			Temperature	Pressure	Total solids	Others			Temperature	Pressure	Total solids	Others
Boiler	Water	106.56 m <sup>3</sup> /d	30 °C	12 kg/cm <sup>2</sup>	85.24 kg	-	Blow down losses	10.56 m <sup>3</sup>	179 °C	10 kg/cm <sup>2</sup>	61.3 kg	-
	Air	302.6 t/d	30 °C	-	-	-	Flue gas	329 t/d	200 °C	-	-	O <sub>2</sub> = 8.5%
	Coal	26.4 t/d	-	-	-	GCV = 15 459.8 kJ/kg	Ash	1.67 t/d	-	-	-	-
							Unburnt	1.28 t/d	-	-	-	-

### Running Example: Task 10

Completed Worksheet 10: Baseline data					
Section/utility equipment	Resource used/parameters	Quantity	Specific consumption/ton of cloth	Savings potential	Targets
Boiler House	Coal	26.712 t	3.33 t	High	2.0 tons/ton of cloth
	Water	108.86 m <sup>3</sup>	13.6 m <sup>3</sup>	High	6.0 m <sup>3</sup> /ton of cloth
	Electricity	600 kWh	75 kWh	Medium	65 kWh/ton of cloth
	Cloth production	8 t/d			
	Steam	96 t	12 t		
Evaporation ratio of boiler—3.63 ton of steam/ton of coal				High	
Boiler efficiency = 65 %				High	75%

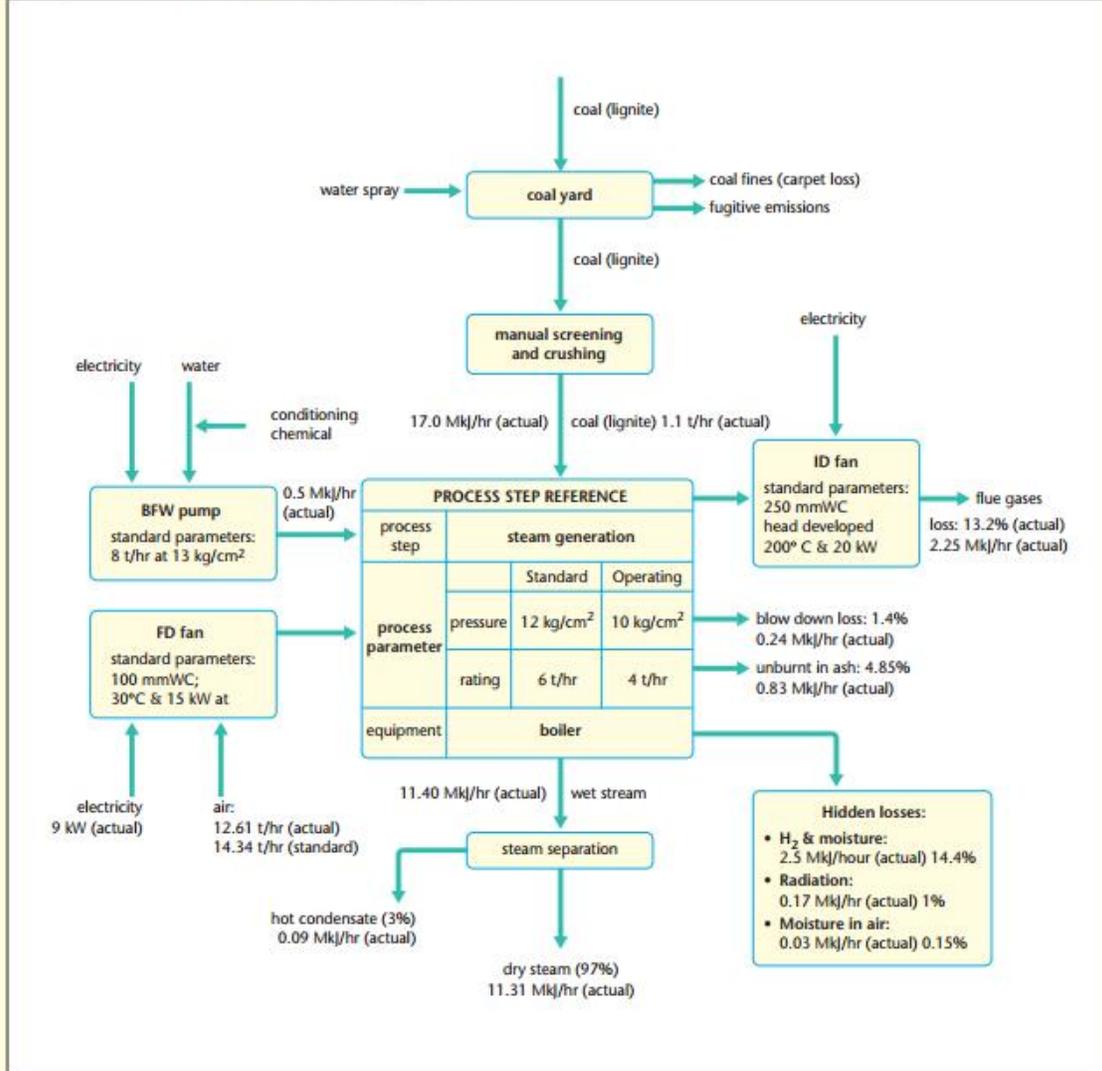
**Running Example: Task 11**

**Completed Worksheet 11a: Boiler material balance**



... Running Example: Task 11 (continued)

Completed Worksheet 11b: Boiler energy balance



... Running Example: Task 11 (continued)

**Completed Worksheet 11c: Cost of waste stream**

Section no.	Section/ process	Waste stream	Components of waste stream	* Equivalent coal quantity (t/day)	* Total cost of waste component
1)	Coal yard	Coal	Coal	0.264	418.97
2)	Manual crushing	Reject	Stones	0.048	76.176
3)	Boiler	Thermal	Flue gas	3.492	5 541.804
			Blow down	0.373	551.95
			Unburnt	1.288	2 044.05
			H <sub>2</sub> and moisture	3.881	6 159.15
			Radiation	0.264	418.97
			Moisture in air	0.46	73.00

Manual de Eficiencia Energética para MyPES

MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Tabla A5. Inspección de generadores de vapor

Datos			
Generadores de Vapor			
Tipo de generador de vapor			
Capacidad			
Marca			
Antigüedad			
Tipo de combustible empleado			
Presión de vapor			
Horas de operación al día Temperatura de agua de alimentación			
Tratamiento de agua de alimentación			
Análisis de calderas (Co <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , Sox Relación Aire, Eficiencia de caldera)			
Línea de distribución de Vapor			
Presión de vapor requerida en equipos			
Tipo de aislamiento en tuberías			
Diámetro y longitud de tubería sin aislamiento para vapor Existen fugas de vapor Localización de las fugas			
Diámetro de orificio de fugas Funcionamiento de trampas de vapor Temperatura de retorno de condensado			

Tabla A6. Inventario de sistemas de aire acondicionado

Área de uso	Tipo	Marca	Antigüedad	BTU	Horas/día	Comentario