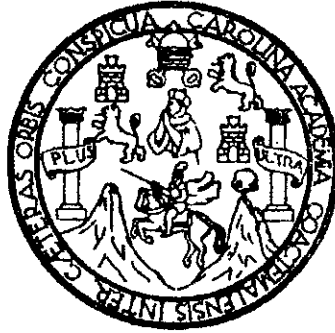


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE CERTIFICACIÓN PROFESIONAL PARA OPERADORES
DE CALDERAS DE VAPOR**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR**

**MARIO ADOLFO SIAN QUISQUE
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

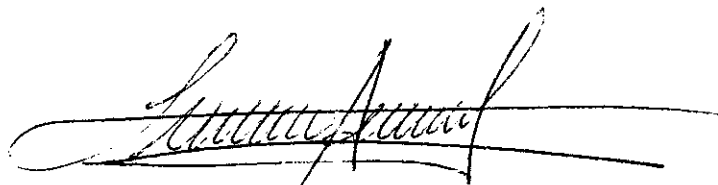
GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1999

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

PROPUESTA DE CERTIFICACIÓN PROFESIONAL PARA OPERADORES DE CALDERAS DE VAPOR

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 6 de noviembre de 1997.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mario Adolfo Sian Quisque', written over a horizontal line.

MARIO ADOLFO SIAN QUISQUE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1°.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2°.	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3°.	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4°.	Br. Óscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL 5°.	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA	Ing. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Óscar Eduardo Maldonado De la Roca
EXAMINADOR	Ing. Édgar Agustín Cáceres Cifuentes
SECRETARIA	Ing. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

Guatemala, 11 de octubre de 1999

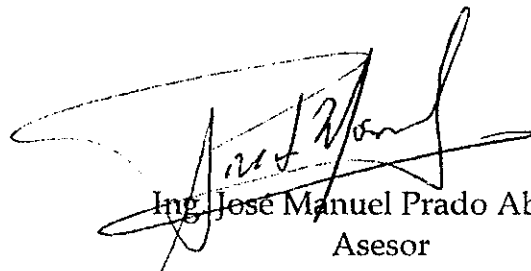
Ingeniero
Francisco Gómez Rivera
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Gómez:

Por medio de la presente hago constar que he revisado la Tesis de Graduación de Mario Adolfo Sian Quisque, denominada "Propuesta de certificación profesional para operadores de calderas de vapor".

Considero que el trabajo ha sido adecuadamente desarrollado, por lo que considero procedente que pase a revisión final previo a su aprobación como Tesis de Graduación.

Agradeciendo su atención, atentamente,



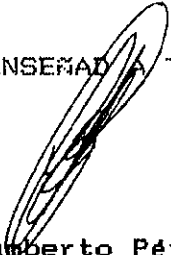
Ing. José Manuel Prado Abularach
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor de esta Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **PROPUESTA DE CERTIFICACION PROFESIONAL PARA OPERADORES DE CALDERAS DE VAPOR**, presentado por el estudiante universitario **Mario Adolfo Sian Quisque**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

Y ENSEÑAR A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica



Guatemala, noviembre de 1999.



FACULTAD DE INGENIERIA

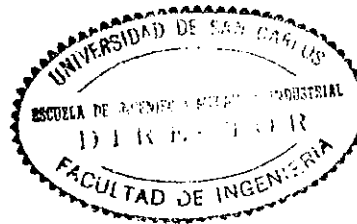
El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado PROPUESTA DE CERTIFICACIÓN PROFESIONAL PARA OPERADORES DE CALDERAS DE VAPOR, presentado por el estudiante universitario Mario Adolfo Sian Quisque, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR

INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

Guatemala, noviembre de 1999.



emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

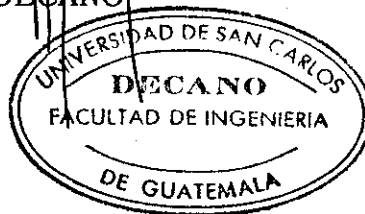


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **PROPUESTA DE CERTIFICACIÓN PROFESIONAL PARA OPERADORES DE CALDERAS DE VAPOR**, presentado por el estudiante universitario Mario Adolfo Sian Quisque procede a la autorización de la misma.

IMPRÍMASE


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, noviembre de 1999

emds

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VI
INTRODUCCIÓN	XII
OBJETIVOS	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Marco histórico de la certificación profesional técnica en Guatemala.....	1
1.2 Campos de acción de la formación profesional y sus niveles de ocupación.....	5
1.3 Legislación guatemalteca y normas internacionales que se deben considerar en el desarrollo de la propuesta de certificación profesional.....	8
2. OBSERVANCIA ACTUAL DE LA FORMACIÓN DE LOS OPERADORES DE CALDERAS.....	10
2.1 Perfil del operario en las empresas industriales de Guatemala.....	12
2.2 Apreciación de los Gerentes de Mantenimiento sobre la labor de los operarios de calderas de vapor	17
2.3 Soporte técnico de parte de las empresas de suministro...	18
2.4 Incidencia en el rendimiento de un sistema de vapor con la competitividad del operario	20

3. DISEÑO DEL PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE OPERADORES DE CALDERAS DE VAPOR.....	21
3.1 Alcance en la certificación de operadores de calderas de vapor.....	21
3.2 Metodología sugerida para certificar la cualificación de los operadores	22
3.3 Perfil del estudiante	24
3.4 Programa de aprendizaje	25
3.5 Prácticas de laboratorio	27
3.6 Sistema de evaluación	28
3.7 Aval y extensión de la certificación	29
4. PROPUESTA DEL CONTENIDO DEL PROGRAMA DE APRENDIZAJE.....	31
4.1 Nivel Académico 1: Operación de calderas.....	31
4.1.1 Descripción general y principios de operación.....	31
4.1.2 El receptáculo de presión	47
4.1.3 Secuencia de operación	52
4.1.4 Instrucciones para el arranque y operación	53
4.1.5 Procedimientos para los ajustes	60
4.1.6 Problemas de interrupción	64
4.1.7 Inspección y mantenimiento	68
4.1.8 Instrucciones para la solicitud de repuestos	82

4.2 Nivel Académico 2: Mejoramiento de la eficiencia de una caldera.....	83
4.2.1 Principios fundamentales para la eficiencia de calderas	83
4.2.2 Factores de decisión para la elección de reemplazo o reparación	85
4.2.2 Análisis de comparación de eficiencias entre calderas	88
4.2.4 Análisis de cuadros y gráficas sobre el rendimiento de combustibles	91
4.3 Nivel Académico 3: Tratamiento de aguas para calderas	94
4.3.1 Acondicionamiento del agua para uso industrial ...	95
4.3.2 Problemas que ocasiona el agua en las calderas	98
4.3.3 Características de una adecuado tratamiento de aguas.....	103
4.2.4 Exámenes de laboratorio	105
CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES.....	107
REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	108
BIBLIOGRAFÍA.....	109
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Pág.
1.	Esquema interior de una caldera pirotubular	32
2.	Tablero de control maestro en una caldera	35
3.	Válvula de seguridad de una caldera	41
4.	Eficiencia de algunos combustibles	88

TABLAS

No.	Título	Pág.
I.	Niveles típicos óptimos de exceso de aire	87
II.	Análisis comparativo de combustibles típicos	89
III.	Ahorro por cada \$ 100.00 en costo de combustible al incrementar la eficiencia de combustión de una caldera pirotubular	90
IV.	Análisis sobre pérdidas de energía por incrustaciones	93
V.	Parámetros de impurezas permitidos de acuerdo a la presión de trabajo de una caldera	100
VI.	Control de límites de impurezas en el agua	101

GLOSARIO

Ablandamiento

Es el proceso que consiste en remover del agua ciertas sustancias minerales, que son las que provocan la dureza en el agua principalmente los compuestos de calcio y magnesio.

Acidez

Medición cuantitativa de los constituyentes ácidos totales de un agua, tanto en el estado ionizado, como en el no ionizado. Se expresa generalmente en mg/litro equivalente de CaCO_3 .

Absorción

Acción de adherirse o prenderse los sólidos disueltos, coloidales o finamente divididos, sobre la superficie de cuerpos sólidos con los que entran un contacto.

Aeración

Acción de poner en contacto íntimo el aire y el agua.

Alcalinidad

Medición cuantitativa de los constituyentes alcalinos totales de un agua, tanto en el estado ionizado, como en el no ionizado; generalmente se expresa en mg/litro de CaCO_3 .

Bolas de lodo

Es el resultado de conglomerar los granos de arena en un lecho de filtro, por la acción de un material gelatinoso, como es un coagulante. Pueden variar de tamaño, desde el de un guisante hasta diámetros de 3 a 5 cm.

Coagulación

Acción de congregarse la materia suspendida en el agua, coloidal o finamente dividida, mediante la adición al líquido de un coagulante adecuado.

Coloide

Es una suspensión de sólidos finamente divididos, que no se sedimentan fácilmente, pero que pueden ser eliminados por coagulación.

Concentración

Es una medida de la cantidad de sustancias disueltas contenidas por unidad de volumen de solución. Puede expresarse como partes por millón, miligramos por litro, miliequivalentes por litro, granos por galón, libras por millón de galones, etc.

Corrosión

Es la deterioración gradual, o destrucción de una sustancia o de un material, por acción química. Generalmente se aplica este término a la oxidación o enmohecimiento del hierro.

Disociación

Acción por la cual las moléculas de una sustancia disuelta en agua producen iones positivos y negativos. También se le llama ionización.

Dureza

Característica del agua, debida principalmente a su contenido en carbonatos y sulfatos, y ocasionalmente a los nitratos y cloruros, de calcio, magnesio y hierro, que hace que el jabón forme grumos en el agua, que se consume más jabón, que se depositen incrustaciones en las calderas, y se

produzcan efectos perjudiciales en algunos procesos, y a veces de sabor no deseado.

Filtración

Proceso que consiste en pasar un líquido, a través de un medio filtrante (el cual puede consistir de un material granular como la arena, tierra diatomática o papel especialmente preparado), con el propósito de eliminar la materia suspendida o coloidal, de un tipo que generalmente no puede eliminarse por sedimentación.

Filtro

Es un dispositivo o una estructura que sirve para quitar los sólidos o la materia coloidal del tipo que generalmente no puede quitarse o eliminarse por sedimentación.

Oxidación

Es el proceso consistente en agregar el elemento oxígeno a un compuesto, por combinación química; también puede definirse como una reacción química a la que acompaña un aumento en valencias positivas, o una disminución de valencia negativas, en un elemento. Es lo contrario a la reducción.

Oxido

Es un compuesto que usualmente contiene sólidos elementos, de los que uno es el oxígeno; es el resultado de la oxidación de un elemento.

Ph

Es una expresión de la concentración de los iones hidrógeno. Varía desde pH 1 hasta pH 14.

Sedimento

Proceso material que lleve en suspensión el agua, y que finalmente se depositará en el fondo, después de que ésta haya perdido velocidad; también se señala así al material muy fino que arrastra el agua y que se deposita o acumula en lechos.

Sedimentación

Es el proceso de asentamiento y depósito de la materia suspendida en el agua, por la fuerza de la gravedad. Generalmente se logra disminuyendo la velocidad del líquido, por debajo del punto en que pueda arrastrar al material suspendido. También se llama asentamiento o clarificación.

Suspensión

Pequeñas partículas que se mantienen dispersas en el agua que las rodea, por medio de la agitación o del movimiento molecular. La permanencia o estabilidad de una suspensión depende del grado de agitación y/o del tamaño de las partículas. Un coloide es un tipo especial de suspensión.

Tanque de sedimentación

Estructura especialmente diseñada para mantener el agua o aguas negras en un estado de reposo o a velocidad reducida, durante un intervalo de tiempo suficiente, que permita que se deposite gravitacionalmente la materia suspendida, con o sin el auxilio de floculación o coagulación previas. También se le llama tanque de asentamiento.

Turbulencia

Estado del flujo de un líquido en el que éste es agitado por corrientes cruzadas o remolinos.

INTRODUCCIÓN

La globalización y la apertura de nuevos mercados a nivel mundial, en los cuales Guatemala realiza grandes esfuerzos para poder incluirse con los diferentes bloques económicos organizados, requieren del mejoramiento de las diferentes políticas de trabajo; del aprovechamiento eficiente de los recursos naturales; de una adecuada actualización de tecnología y con ello una formación profesional técnica muy exigente.

Dentro del campo del desarrollo industrial, para obtener mejores resultados de eficiencia y bajos costos de producción, es necesario contar con mano de obra calificada que pueda atender, seguir y tener iniciativa sobre los planes de trabajo; manejar correctamente maquinaria de alta tecnología; saber interpretar y comprender las instrucciones de funcionamiento y mantenimiento de maquinaria y equipos sofisticados indicados por las casas fabricantes; y especialmente tener capacidad de desarrollar el criterio profesional para buscar en toda actividad métodos que le lleven a un mejor rendimiento en las operaciones encargadas.

La industria nacional actualmente cuenta con varios miles de operarios que en su mayoría han aprendido un determinado oficio de

una manera empírica, es decir conocimientos logrados por la técnica de prueba y error de muchos años –algunos incluso desde su niñez-. Lamentablemente muchas de estas personas carecen de una educación formal mínima, problema que se hace patente al elaborar planes de trabajo o en la adaptación a nuevos sistemas de producción y especialmente en la aplicación de estándares de rendimiento.

El desarrollo de tecnología y, en consecuencia, el mejoramiento de la calidad de los bienes o servicios que se prestan en cualquier empresa, trae consigo la necesidad de contar con personal competitivo –eficiente y especializado-. Hoy en día para lograr un buen desempeño, en cualquier industria o empresa, a una persona no le es suficiente la formación que recibe en el colegio o en la universidad requiere constantemente actualización de conocimientos e implementación de nuevos aspectos de formación; de esta misma manera los operarios dentro de la industria necesitan perfeccionar la ocupación que desempeñan, profundizar en los diferentes aspectos profesionales de su área y lograr así convertirse en especialistas. Esto trae consigo, entre otras consecuencias: brindar un mejor servicio en la empresa donde labora; contribuir en forma directa en el mejoramiento de la calidad de los bienes o servicios que se presten y además, por su competitividad profesional, obtener mejores ingresos económicos que le permiten un mayor bienestar para su familia.

En síntesis, una consecuencia de la globalización es la necesidad de cualificar al personal que labora dentro de la industria. Resulta entonces de suma importancia lograr institucionalizar la Certificación

Profesional como un instrumento que garantice la cualificación de los operarios y dejar de esta manera en la historia el siguiente hecho: en la industria un mecánico, por ejemplo, "no sabe nada, pero hace de todo".

El trabajo de investigación de la presente tesis se centra en el desarrollo de un programa de capacitación y cualificación para operadores de calderas operadores de calderas de vapor.

OBJETIVOS

a) Generales

- Diseñar un programa de certificación profesional que permita capacitar y cualificar a operadores de calderas de vapor, tomando en cuenta las normas de seguridad dictaminadas por la American Society Mechanical Engineer (ASME) y la legislación guatemalteca existente.

b) Específicos

- Conocer la situación actual de la formación profesional del operario de calderas de vapor en la industria guatemalteca.
- Estructurar un plan de certificación profesional de operadores de calderas de vapor, dentro del ámbito de la educación formal para personas con experiencia y sin ella.
- Diseñar el contenido del programa de capacitación que se propone y sus pruebas de evaluación.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Marco histórico de la certificación profesional técnica en Guatemala

La certificación profesional surgió como una necesidad de promoción y cualificación del trabajador; tuvo para ello que satisfacer un proceso de formación profesional en forma teórica y práctica. Este proceso tiene como objetivo garantizar los conocimientos teóricos, destrezas y habilidades adquiridas por el trabajador, y permitirle así dedicarse al ejercicio de su profesión con un mayor respaldo.

La certificación profesional también permite respaldar académicamente a aquellas personas que han adquirido los conocimientos de una área técnica, a través de la experiencia acumulada en el campo de trabajo.

Para comprender mejor el presente, hay que recordar que a finales de la década de los años cincuenta, surgen en Guatemala las medianas y grandes industrias manufactureras y transformadoras de materia prima en productos terminados para el consumo interno y el mercado centroamericano. Esta situación, totalmente positiva para el crecimiento económico, trajo como consecuencia la demanda de

personal calificado para realizar las distintas actividades de producción. Es por ello que simultáneamente, con la industrialización, surgieron las primeras instituciones que se preocuparon por dar solución a dicha problemática: En enero de 1959, de acuerdo con las necesidades de la industria guatemalteca y con el apoyo de la Misión de la Administración de Cooperación Internacional de Estados Unidos¹, dio inicio el Instituto Técnico Industrial, que dio capacitación en cinco especialidades. Más adelante, en febrero de 1964, por medio de un acuerdo bipartito entre los gobiernos de Guatemala y, en ese entonces, la República Federal Alemana, fue fundado el Instituto Técnico Industrial de Mazatenango, Georg Kerschenteiner. Además por iniciativa del Ministerio de Educación del gobierno de Guatemala, el 26 de febrero de 1966 se creó el Instituto Técnico Vocacional Femenino.²

En estos institutos, se buscó desde el principio facilitar programas de estudio que permitieran al estudiante obtener el Diploma de Bachiller Industrial y el Título de Perito en su especialidad; actualmente estos estudios tienen una duración de tres años.

Posteriormente, luego de trece años de experiencia en la capacitación de mano de obra calificada, y ante la necesidad de proveer de un oficio a un sector grande de la población guatemalteca (aquel sector que no tiene acceso a una educación superior) fue creado en 1972 el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad INTECAP como institución rectora de la capacitación de los recursos humanos

del país; actúa por delegación del Estado como entidad descentralizada, técnica no lucrativa, con patrimonio propio y coordina sus actividades referentes al aprendizaje, adiestramiento, formación profesional y perfeccionamiento de los recursos humanos, con la política general del Estado, por conducto del Ministerio de Trabajo y Previsión Social.³

El INTECAP, a la fecha, trabaja en el área metropolitana y en el interior del país con programas que cubren los tres sectores de la actividad económica: agricultura y ganadería; la industria de la manufactura o de transformación y el sector del comercio, transporte y comunicaciones. En cada área, busca brindar programas de complementación y aprendizaje, con el objeto de facilitar al aprendiz los elementos que le permitan conocer con mayor profundidad y complejidad la ocupación elegida. El desarrollo de los programas de formación, en su mayoría, se llevan a cabo en centros fijos, propiedad de INTECAP, en donde se cuenta con la infraestructura apropiada y los medios necesarios para su realización.

Los inicios del programa de certificación ocupacional, que ofrece el INTECAP, se remontan a las experiencias de las actividades realizadas por el Centro Interamericano de Investigación y Documentación sobre Formación Profesional (CINTERFOR), con sede en Uruguay, el cual promovió, en una primera etapa, entre los años 1975 y 1976, la elaboración de métodos de medición y sistemas de certificación, que permitieran reconocer las calificaciones ocupacionales

de los trabajadores de América Latina y el Caribe. En 1977 continuó una segunda etapa, con el fin de lograr la institucionalización de la certificación ocupacional, es decir, la formulación de políticas, la sanción de normas legales, y reglamentarias, y el establecimiento de sistemas o servicios de certificación a cargo de instituciones y servicios especializados interesados.

Del modelo elaborado por CINTERFOR, el INTECAP elaboró su proyecto de reglamento de Certificación Ocupacional, el cual contempla los siguientes aspectos: colaborar con los planes de desarrollo del Gobierno de Guatemala, mediante la consecución de las metas de formación y capacitación de la mano de obra en el ámbito de trabajadores operativos y mandos medios; este proyecto fue aprobado por el Ministerio de Trabajo y Prevención Social y cobró vigencia para todo el territorio nacional desde 1978.

Sin embargo, a la presente fecha, a pesar del apoyo que brinda el INTECAP hace, falta actualizar los conocimientos de los operarios en diversos campos que el desarrollo de la tecnología va abriendo y haciendo cada día más sofisticados, como es el caso del trabajo en la operación de calderas de vapor. En la actualidad, no se cuenta con personal calificado para atender esta ocupación; únicamente las empresas proveedoras de calderas son las que poseen el conocimiento certero del manejo y mantenimiento de las mismas.

1.2 Campos de acción de la formación profesional y sus niveles de ocupación

El establecimiento de la certificación profesional, como se ha visto anteriormente, es un esfuerzo de parte del Gobierno y de la iniciativa privada, por lograr garantizar los conocimientos adquiridos por el trabajador en el proceso de su formación técnica, lo cual favorece su eficiencia dentro de la industria y, a la vez, su promoción socioeconómica dentro del marco de su actividad profesional y familiar.

La certificación profesional de operadores de calderas de vapor es un déficit actual dentro de la educación guatemalteca; por el momento, sólo el Centro Educativo Técnico Laboral, Kinal⁴ ofrece el desarrollo de algunos cursos que facilitan el control y manejo de las calderas de vapor.

En nuestro medio, son alrededor de cinco las empresas privadas las que brindan los servicios de suministros, equipo y mantenimiento de calderas de vapor; entre las más importantes están⁵: Productos Técnicos Industriales S. A. (PROTEISA), Maquinaria e Insumos Industriales S. A. (MAQUINSA), Servicios Industriales y Agrícolas S. A. (SIDASA). Estas empresas son representantes exclusivas de diversas

casas fabricantes de calderas de vapor de Estados Unidos y, por lo tanto generalmente tienen a su cargo los trabajos de instalación del equipo y mantenimiento del mismo.

En las empresas industriales, el servicio que prestan las calderas en la generación de vapor es muy importante en diversos usos y regularmente, por ser una máquina que opera con altas temperaturas y presiones, sumado al flujo constante de combustible que necesita en su funcionamiento, constituye una pequeña "bomba de tiempo" que debe de saber controlarse y manejarse adecuadamente, para lograr una alta calidad de vapor, así como la máxima eficiencia de la caldera para reducir los coste de operación.

Son muy pocos los operarios técnicos que conocen del funcionamiento de una caldera, y por eso, y para aseguramiento de la misma empresa, hay que recurrir a la contratación de las empresas de suministro de equipo para lograr el mantenimiento y control respectivo. Esto, sin embargo, conlleva a pérdidas de tiempo, falta de control y de ajustes en el momento preciso y sobre todo a exponerse a peligros innecesarios, por ejemplo, ante derrames de combustibles o excesos de presión, que pueden dañar la integridad física de las personas.

Más importante aún, resulta para las industrias grandes, como ingenios azucareros, plantas hidroeléctricas, industrias alimenticias, etc., contar con personal capacitado que posea una educación formal fundamentada en las normas de diseño y mantenimiento de calderas

dictaminadas por la American Society Mechanical Enginner (ASME); institución académica que rige las normas de seguridad, dimensiones y especificación de materiales en todo diseño, elaborado por ingenieros mecánicos.

Operar una caldera de vapor es un arte, que entre otras cosas requiere conocer y manejar perfectamente: las instrucciones propias de arranque y operación, los procedimientos de ajustes, los problemas que se dan por interrupción en la generación de vapor; dirigir los programas de inspección y mantenimiento periódico, evaluar el rendimiento de la caldera y de los combustibles, y finalmente realizar un adecuado tratamiento del agua de suministro.

1.3 Legislación guatemalteca y normas internacionales que se deben considerar en el desarrollo de la propuesta de certificación profesional

La propuesta de certificación profesional para operadores de calderas de vapor para hacerla efectiva y darle un mayor auge requiere, en primera instancia, contar con un adecuado sistema de certificación, llevado a cabo por profesionales universitarios del ramo, ingenieros mecánicos o mecánicos industriales, que elaboren los contenidos precisos, y bajo la dirección de las normas dictaminadas por la American Society Mechanical Enginner (ASME) sobre el diseño, operación y mantenimiento de calderas de vapor.

Por otro lado, esta certificación profesional debería de adherirse al plan de capacitación que ofrece el INTECAP, ya que de momento es la institución guatemalteca rectora de la capacitación de los recursos humanos del país. Sin embargo, con el paso del tiempo, dentro de pocos años, cuando la industria guatemalteca empiece a incorporar únicamente personal calificado y, por lo tanto, toda persona de profesión técnica deba buscar la certificación profesional, probablemente se dé la pauta para que nuevas instituciones públicas o privadas, así como universidades, puedan adquirir la concesión que les permita ofrecer la certificación profesional a cuanta persona llegue a solicitarla, siempre y cuando cumpla con los requisitos de vigor.

En Estados Unidos, debido al alto desarrollo de tecnología y a la necesidad de actualización profesional de parte de los operarios técnicos en todas las ramas, ninguna persona puede brindar sus servicios profesionales si no posee la certificación profesional que lo acredite para ello. El Departamento de Trabajo de dicho país ha permitido la creación de escuelas, oficinas técnicas e instituciones privadas con el fin de brindar certificación profesional en una amplia variedad de áreas técnicas. A manera de ejemplo, puede citarse The Engine Service Association Inc.⁶, asociación que ofrece el programa *Technician Certification Testing* el cual proporciona a cualquier persona la certificación profesional en las áreas de reparación de motores de cuatro tiempos, motores de dos tiempos, motores diesel compactos, sistema eléctrico del automóvil y líneas de conducción hidráulica del

automóvil. Para participar de este programa es solo es necesario pagar la cuota de inscripción correspondiente, asistir a las clases establecidas y luego realizar una prueba final.

2. OBSERVANCIA ACTUAL DE LA FORMACIÓN DE LOS OPERARIOS DE CALDERAS

Para conocer con un mayor grado de exactitud la situación actual de la formación de las personas que tienen a su cargo la operación de las calderas de vapor en Guatemala, se procedió a la elaboración de cuestionarios dirigidos a operadores de calderas de vapor, tanto en empresas privadas, como en estatales. El cuestionario, en general, tuvo la finalidad de: primero, medir el conocimiento que los operadores poseen sobre el manejo y administración de una caldera, y segundo, recabar la información para determinar el proceso o la forma en que han adquirido éstos conocimientos. En el Anexo, se presentan los cuestionarios mencionados.

Además, para obtener una mayor fuente de información y aprovechar de una mejor manera las visitas a las empresas, también se realizaron entrevistas a los Gerentes de Mantenimiento. De la información proporcionada por estas personas, se dedujeron un número determinado de empresas de servicio técnico que administran mantenimiento y control a calderas de vapor; de esa manera también se realizaron algunas entrevistas con los Gerentes de Servicio Técnico de empresas como SIDASA, PROTEISA y otras más, con la finalidad de

conocer los planes de servicio que ofrecen a los clientes: programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como la asesoría que brindan en la instalación de equipo de vapor.

En resumen, para la recopilación de información, se eligieron tres espacios muestrales: los operadores de calderas de vapor en distintas empresas, los Jefes de Mantenimiento de empresas industriales o de servicio, y los Gerentes de Servicio de empresas de soporte técnico.

Para determinar el tamaño de muestra adecuado (12 empresas), se decidió como referencia, incluir empresas privadas y estatales, en las cuales además estuvieran presentes las dimensiones de calderas de vapor más comunes en nuestro medio. De esta manera, se pretende obtener una mayor visión de conjunto de las necesidades de formación de un operador de calderas de vapor.

Entre las empresas a las que se acudieron figuran:

- Ingenio La Unión
- Ingenio Concepción
- Hospital Roosevelt
- Hospital San Juan de Dios
- BDF de Centroamérica S. A.
- Frigoríficos de Guatemala S. A.
- Planta La Laguna
- Cervecería del Sur S. A.
- Alimentos para animales S. A. (Aliansa)
- Kellogg's de Centroamérica S. A.

Para conocer la opinión de los Gerentes de Servicio de las empresas de soporte técnico, se estimó un tamaño de muestra de cinco empresas. Las mismas fueron:

- Maquinaria e Insumos Industriales S. A. (MAQUINSA)
- Servicios Industriales y Agrícolas S. A. (SIDASA)
- Unión de Servicios Industriales (USI)
- Productos Técnicos Industriales S. A. (PROTEISA)
- Servicios de Mantenimiento (SERMA)

En el Anexo, se encuentran los modelos de los cuestionarios que sirvieron de base para la realización de las entrevistas a Gerentes de Servicio, Gerentes de Mantenimiento y operadores de calderas de vapor.

2.1 Perfil del operario en las empresas industriales de Guatemala

Con base en la recopilación de información en los lugares anteriormente señalados, y teniendo en cuenta las características de las empresas analizadas, conviene describir los resultados desde dos ámbitos de actividad industrial:

2.1.1 Operadores de calderas de vapor en ingenios azucareros

a) Edad: la edad promedio de los operadores oscila entre los 25 y 30 años.

b) Grado de escolaridad: El 100 % de los entrevistados posee educación media: títulos de Bachilleres en Computación o Peritos en especialidades técnicas, como Mecánica de tornos, Soldadura y Mecánica de mantenimiento industrial. El porcentaje de los mismos que han empezado estudios universitarios es del 10% sin embargo, únicamente estuvo en la universidad un máximo de 1 año. De los entrevistados, actualmente, ninguno está realizando estudios superiores.

c) Profesión: no son operadores de calderas de vapor titulados, ni todos mecánicos generales o de mantenimiento. El 75% son Bachilleres en Computación; esto obedece a las necesidades del puesto dentro del ingenio, ya que la función de control y operación de las calderas de vapor se realiza desde centros de automatización, en donde una computadora central controla, verifica y maneja todas las variables de presión, temperatura, aire y alimentación de combustible de cada caldera de vapor.

d) Forma en que aprendió el oficio de operador de calderas de vapor: el 100 % de los entrevistados indica que las empresas azucareras les han proporcionado la capacitación necesaria, a través de cursos en el extranjero y otros organizados en el país con ingenieros especialistas en instalación y equipamiento de ingenios azucareros.

e) Conocimiento que poseen sobre calderas de vapor: los conocimientos que tienen sobre el funcionamiento de las calderas de vapor son netamente teóricos, ya que no poseen práctica directa en el trabajo de mantenimiento de las calderas, sino un conocimiento científico sobre el manejo de variables termodinámicas que les lleva a manejar con propiedad los controles de la caldera desde el centro de automatización. Para este tipo de empresas, estos conocimientos son los que más interesan pues los problemas de mantenimiento - preventivo y correctivo- los realiza el staff de ingenieros y mecánicos, al final de cada período de zafra.

f) Tiempo de dedicación necesario en la operación de la caldera de vapor: durante el tiempo de zafra necesitan del funcionamiento continuo de las calderas; en los ingenios tienen previsto turnos rotativos para que -sin excepción alguna- una persona administre el control y operación de la misma durante veinticuatro horas.

2.1.2 Operadores de calderas de vapor en empresas industriales dentro de la ciudad de Guatemala

a) Edad: la edad promedio de los operadores oscila entre los 35 y 40 años.

b) Grado de escolaridad: el 78 % de los entrevistados únicamente posee educación primaria. Esto, además, en forma incompleta, ya que la mayoría sólo obtuvo los primeros 4 ó 5 años de escuela. El restante 22 % posee educación de nivel medio, con títulos de Peritos en una especialidad técnica obtenidos en institutos como el Técnico Vocacional Dr. Imrich Fischmann.

c) Profesión: del total de entrevistados, alrededor de un 35 % dice ser mecánico de calderas de vapor, y el restante 65 % se denomina mecánico de mantenimiento industrial.

d) Forma en que aprendió el oficio de operador de calderas de vapor: casi el 100 % de los entrevistados coinciden en haber aprendido el oficio empezando desde aprendiz de mecánico de mantenimiento y poco a poco, a lo largo de varios años -por lo menos 5-, llegaron a conocer el funcionamiento general de una caldera. Únicamente un 5% ha recibido algún curso de capacitación en ésta área; recientemente en el Centro Técnico Educativo Kinal.

e) Conocimiento que poseen sobre calderas de vapor: como se menciona anteriormente, los conocimientos que poseen los operadores han sido obtenidos con el esfuerzo de varios años, a través de la

técnica de "prueba y error" y otras aprendidas en la práctica directa. En general, estos conocimientos se limitan a:

- Conocimientos generales sobre el principio de operación
- Arranque y operación
- Ajustes y problemas de interrupción
- Inspección y mantenimiento preventivo
- Control de emisión de humos para corregir la relación aire-combustible de la mezcla

El 90% de los entrevistados carecen de conocimientos sobre el manejo de eficiencias, rendimiento de los combustibles, y menos sobre el tratamiento de aguas; en esto último, se limitan a aplicar los productos químicos que les recomiendan las casas farmacéuticas, para suavizar el agua de alimentación.

f) Tiempo de dedicación necesario en la operación de la caldera de vapor: en empresas que necesitan un alto volumen y flujo constante de vapor ordinariamente calderas en el rango de 300 caballos de fuerza (h.p.) se pudo comprobar que poseen un operador exclusivo y permanente para la operación y control de ajustes. Sin embargo, en empresas con necesidades de flujo de vapor en forma interrumpida - caso de Molinos Alianza, BDF de Centroamérica y otras- la actividad del operador se limita al arranque y revisión eventual durante el tiempo en que se necesite del funcionamiento de la caldera.

2. 2 Apreciación de los Gerentes de Mantenimiento sobre la labor de los operarios de calderas de vapor.

El grupo de gerentes de mantenimiento entrevistados, cuya mayoría desarrollan su actividad profesional en empresas industriales con necesidad de flujo continuo de vapor, coinciden en separar en dos áreas el trabajo en calderas de vapor:

- a) El operador de calderas
- b) El mecánico de calderas

En cada una de las funciones anteriores, coinciden en la idea de asignar las siguientes atribuciones:

a) Operador de calderas

- Arrancar la caldera
- Operaciones generales de control de presión, temperatura y alimentación de combustible
- Realización de ajustes y solución de problemas de interrupción
- Inspección y mantenimiento preventivo
- Tratamiento del agua de alimentación
- Control de la eficiencia de la caldera

b) Mecánico de calderas

- Reparación y mantenimiento correctivo
- Instalación de tuberías, trampas de vapor y accesorios
- Montaje e instalación de calderas

Sobre la base de la separación de actividades, arriba descritas, los gerentes de mantenimiento entrevistados manifiestan su interés y necesidad de contar con personal adecuado y capacitado en ambas áreas. Indican que la mano de obra ofertante que se encuentra en el país, en su mayoría carece de una formación técnica y científica conjunta. De esta cuenta, algunas industrias, tanto privadas como estatales⁷, han optado por contratar los servicios de empresas de mantenimiento industrial, para que se encarguen directamente de brindar un operador de tiempo completo, y bajo cuya responsabilidad se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de la generadora de vapor.

2.3 Soporte técnico de parte de las empresas de suministro

Actualmente están establecidas en Guatemala ocho empresas⁸ particulares que proporcionan equipo, repuestos y servicios de máquinas generadoras de vapor. Cinco de ellas son representantes exclusivos de marcas internacionales de calderas de vapor: MAQUINSA de Johnston Boiler Company; PROTEISA de Kewanee; SIDASA de Cleaver Brooks Company; CISA de York Shipley Inc. y USI de Powermaster.

Los servicios que brinda cada una de las empresas anteriores son similares: stock de repuestos, asesoría técnica, diseño e instalación, mantenimiento preventivo y correctivo. Aunque existe diversidad de estilos y tamaños de calderas de vapor, su operación y control en todas es similar, ya que son fabricadas bajo las normas establecidas por la ASME (American Society Mechanical Engineer).

Además de las empresas citadas anteriormente, funcionan dos más, contenidas dentro de las ocho indicadas, que además de brindar los servicios de asesoría técnica y mantenimiento, ofrecen servicios de Administración y Operación del Área de Calderas en las empresas⁹, con lo cual pueden hacerse cargo de la responsabilidad de la operación, control, manejo de eficiencias y mantenimiento de las calderas. Para eso proporcionan, a la empresa que requiere sus servicios, una persona para atender diariamente la operación de la caldera; esta es supervisada por un ingeniero mecánico, que es el responsable de elaborar los planes de mantenimiento, abastecimiento de combustible y control de la producción de vapor.

2.4 Incidencia en el rendimiento de un sistema de vapor con la competitividad del operario

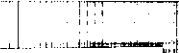
Sobre la eficiencia de las calderas, el rendimiento de los combustibles y la calidad del vapor obtenido, los gerentes de mantenimiento entrevistados coinciden en indicar que dichos resultados dependen en un 80 % del control que realizan los operadores de las calderas de vapor. Aunque la tecnología cada vez

es más acertada en brindar sistemas automatizados, en el área de calderas - en cualquier industria - resulta imprescindible contar con una persona que tenga a su cargo el control de dichas máquinas, de tal manera que entre otros aspectos: no se produzcan derrames de combustible, y que el agua de alimentación sea tratada adecuadamente, tanto para brindar una buena calidad de vapor, como para evitar desgastes innecesarios en la vida útil de la tubería de la caldera, y que proporcione un adecuado mantenimiento preventivo y se vele por el estado de limpieza, orden y funcionamiento de todos los controles de la caldera.

Con todo lo anterior, puede plantearse entonces que toda empresa que posea área de generación de vapor, le será muy provechoso contar con personal competente y capacitado para la operación de calderas de vapor, ya que: 1) para lograr ser empresas competitivas deben, de proporcionar productos o servicios de buena calidad; 2) les permitirá reducir los costos de producción, mantenimiento y renovación de equipo, y 3) facilitará cuidar estándares de seguridad que eviten daños a los bienes de la empresa y a la integridad física de sus empleados.

es más acertada en brindar sistemas automatizados, en el área de calderas - en cualquier industria - resulta imprescindible contar con una persona que tenga a su cargo el control de dichas máquinas, de tal manera que entre otros aspectos: no se produzcan derrames de combustible, y que el agua de alimentación sea tratada adecuadamente, tanto para brindar una buena calidad de vapor, como para evitar desgastes innecesarios en la vida útil de la tubería de la caldera, y que proporcione un adecuado mantenimiento preventivo y se vele por el estado de limpieza, orden y funcionamiento de todos los controles de la caldera.

Con todo lo anterior, puede plantearse entonces que toda empresa que posea área de generación de vapor, le será muy provechoso contar con personal competente y capacitado para la operación de calderas de vapor, ya que: 1) para lograr ser empresas competitivas deben, de proporcionar productos o servicios de buena calidad; 2) les permitirá reducir los costos de producción, mantenimiento y renovación de equipo, y 3) facilitará cuidar estándares de seguridad que eviten daños a los bienes de la empresa y a la integridad física de sus empleados.



3. DISEÑO DEL PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE OPERADORES DE CALDERAS DE VAPOR

De acuerdo con la información y resultados del capítulo anterior, se resume que las funciones más importantes en la administración de calderas de vapor son la operación, el manejo de eficiencias y el tratamiento del agua de alimentación. De esta cuenta, el diseño del programa de certificación se centrará en estas tres áreas, con el objetivo de preparar a los operarios para que puedan obtener mayor funcionalidad y eficiencia en las máquinas generadoras de vapor en la industria guatemalteca.

3.1 Alcance en la certificación de operadores de calderas de vapor

Con la certificación de operadores de calderas de vapor, se busca garantizar la capacitación técnico-científico de las personas encargadas del manejo y operación de las calderas de vapor de la industria y de las empresas o instituciones de servicio, que requieren el recurso de vapor en sus diferentes procesos.

De acuerdo con las zonas laborales de Guatemala, el Programa de Certificación podrá dirigirse a dos grupos de trabajadores:

a) Operadores de calderas dentro de la ciudad capital: a este grupo de personas corresponde la mayoría de mecánicos de mantenimiento que ejercen sus funciones dentro de empresas de producción o de servicio, en donde los rangos de las calderas varían en potencias de 50 a 300 caballos de fuerza. Este es, sin duda, el principal y más grande mercado laboral del país, en cuanto a conocimiento de calderas vapor.

b) Operadores de calderas en ingenios azucareros. Si bien es cierto que los operadores de calderas en los ingenios azucareros actualmente poseen una capacitación especial para poder controlar, trabajar y medir el funcionamiento de las calderas, basándose en sistemas de automatización y computación específicos, es necesario que dichos operadores conozcan también los aspectos científicos y prácticos de una caldera, como cuál es su principio de operación, los elementos que interactúan con ella, las consecuencias mecánicas que puede originar un mal tratamiento de aguas o una deficiente alimentación de aire, etc.

3. 2 Metodología sugerida para certificar la cualificación de los operadores

Para lograr la mayor atención posible de parte de las personas interesadas en obtener la certificación profesional y evaluar su aprehensión de conocimientos de cada área, se propone distinguir los siguientes mercados laborales:

- a) Personas sin ningún conocimiento de calderas de vapor.
- b) Personas con experiencia en el área de calderas.

Con la propuesta anterior, los candidatos que van a obtener la certificación profesional podrán definir en qué momento del programa hacen su inicio, y tener en cuenta que: en el caso del inciso a), deberán hacerlo desde el Nivel 1, y en el caso del inciso b), solicitar exámenes extraordinarios que puedan evaluar su nivel de conocimientos y, si es el caso, poder obtener por suficiencia únicamente uno de los tres niveles de formación que ofrece el programa.

El contenido del programa, como arriba se menciona y se explica detalladamente en el No. 3. 3 siguiente, se propone estructurarlo en tres niveles académicos, los cuales se entrelazan entre sí y deben de realizarse en su orden. Para poder acceder al nivel académico superior, es necesario ganar el nivel académico anterior.

En el No. 3. 6, se detalla la forma de lograr la evaluación de cada uno de los niveles académicos; por el momento, basta indicar que serán necesarias unas pruebas escritas y orales, así como un porcentaje de asistencia a clases satisfactoria. En el caso de las personas con experiencia, para ganar un nivel específico, será necesario que demuestren referencias confiables que comprueben los años de práctica que llevan en ese oficio, y que estudien el material bibliográfico correspondiente recomendado para ese nivel académico y posteriormente realicen la prueba correspondiente. Se recomienda sólo dar la posibilidad de aprobar el nivel académico 1 ya que de esta manera, se amplía y profundiza en los conocimientos que inicialmente ya poseen.

Finalmente, para completar la certificación, se aconseja que las personas realicen un período de práctica de dos meses en la industria. Al obtener los requisitos anteriores, se procederá a la extensión del certificado que lo capacita como Operador de Calderas de Vapor.

3. 3 Perfil del estudiante

En el inciso anterior, se determinaron las personas, a quienes estaría dirigido el programa, corresponde ahora definir las características necesarias para poder corresponder al nivel de capacitación deseado; en ambos casos, es necesario que las personas sean mayores de edad:

a) Personas sin ningún conocimiento de calderas de vapor: se incluyen aquí aquellas personas que poseen, como mínimo, los estudios completos de Educación Media. Este requisito garantiza una base mínima de conocimientos científicos que le serán de utilidad para una mejor comprensión del contenido del programa y la madurez de la persona, para afrontar con responsabilidad las tareas delicadas de la administración de una caldera de vapor. Además, aunque no se pretende que sea necesario, es conveniente que cuenten con alguna experiencia de trabajo en el área de mecánica general u otros conocimientos prácticos; que de esta manera, se les facilitará la identificación de herramientas y sistemas de medición en general.

b) Personas con experiencia en el área de calderas: quizá es el mayor grupo de personas que, de momento, tienen mayor necesidad de acudir a profesionalizar sus conocimientos; además, las empresas

donde éstas personas laboren serán los beneficiados directos al obtener mejores resultados y eficiencias en la producción de vapor. Se establece que las personas con éstas características demuestren, en forma escrita, las referencias de por lo menos dos años de trabajo en la operación de calderas de vapor. Tomando en cuenta el perfil actual de los mecánicos en Guatemala, se sugiere requerir como mínimo la educación primaria completa.

3. 4 Programa de aprendizaje

Para un mejor enfoque, se sugiere estructurar los conocimientos principales que se deben conocer de las calderas de vapor, en tres niveles académicos, en los que se incluyen los siguientes temas:

Nivel Académico 1: Operación de calderas

- Descripción general y principios de operación.
- Receptáculo de presión: la construcción de una caldera, lavado y limpieza, drenaje; el tratamiento del agua y los requerimientos de agua caliente.
- Secuencia de operación: los controles de los circuitos e interconexiones; la secuencia de operación de alimentación de combustible y las secuencias de falla de llama.
- Instrucciones para el arranque y operación, procedimiento para ajustes.
- Problemas de interrupción, inspección y mantenimiento.
- Inspección y mantenimiento.
- Instrucciones para la solicitud de repuestos.

Nivel Académico 2: Mejoramiento de eficiencias

- Principios fundamentales del manejo de eficiencias.
- Factores de decisión para la elección de reemplazo o reparación.
- Análisis de comparación de eficiencias, tipos de combustibles y relación aire-mezcla.
- Manejo de cuadros y gráficas sobre el rendimiento de combustibles.

Nivel Académico 3: Tratamiento de aguas para calderas

- Acondicionamiento del agua para uso industrial.
- Problemas que ocasiona el agua en las calderas.
- Características de un adecuado tratamiento de aguas.
- Exámenes de laboratorio.
- Glosario de términos utilizados en tratamientos de agua.

El desarrollo de cada uno de estos Niveles Académicos deberá realizarse de la siguiente manera:

- 100 horas de preparación académica, distribuidos en días sábados de 8:00 a 13:00 horas.
- Visitas a empresas, los sábados de 14:00 a 16:00 horas.
- Evaluación escrita y práctica al final de cada nivel académico.

3. 5 Prácticas de laboratorio

Se recomienda que al final de cada sesión se desarrolle, por lo menos, una hora de práctica de laboratorio, para facilitar el conocimiento gráfico de lo que se enseñó en ese día. Además, se sugiere realizar las siguientes visitas de campo a industrias de la capital, las cuales puedan servir para evaluar la parte práctica, de la siguiente manera:

Nivel Académico 1:

- *Visita No. 1:* descripción general de una caldera, instalación, operación y utilización del vapor generado.
- *Visita No. 2:* arranque, operación y ajustes de control
- *Visita No. 3:* problemas de interrupción, plan de inspección y mantenimiento.

Nivel Académico 2:

- *Visita No. 1:* reparación de una caldera, criterios para reparar o reemplazar los componentes de la misma.
- *Visita No. 2:* presentación del historial de operación de una caldera llevado por una empresa de servicio.

Nivel Académico 3

- *Visita No. 1:* sesión y presentación de los servicios que brindan un laboratorio químico para el tratamiento de agua de consumo industrial.

3. 6 Sistema de evaluación

Como directrices generales, se recomienda establecer, para ganar cada uno de los tres niveles académicos, una asistencia mínima del 85 % de las sesiones, además de aprobar con nota de 80 puntos las evaluaciones sobre la preparación teórica impartida.

Se sugiere dejar libertad de cátedra al instructor encargado de la certificación para que, de acuerdo con su criterio, distribuya el contenido de cada nivel académico, en por lo menos tres exámenes escritos u orales, si así lo prefiere.

En cuanto a las personas que solicitan exámenes extraordinarios para obtener por suficiencia el Nivel Académico 1, se establece que el instructor encargado le examine lo siguiente:

- a) Una evaluación completa del contenido del nivel académico 1; se debe de entregar al interesado el material bibliográfico completo; estas evaluaciones se deben de realizar por lo menos en tres sesiones.

- b) El contenido de las prácticas de laboratorio previstas para dicho Nivel Académico.

Si el interesado obtiene resultados satisfactorios en los tres Niveles Académicos, se podrá proceder a extender su certificación como operador de calderas de vapor.

3. 7 Aval y extensión de la certificación

Como se detalla en el numeral 1. 3 del Capítulo 1, actualmente en Guatemala, el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) es el ente rector -con potestad otorgada del Estado- de la preparación técnica y profesional en el campo de la industria y el comercio. Por eso cualquier programa de estudio debe de dirigirse primero a esa institución y depender de ella. Sin embargo la necesidad de una mayor preparación académica y técnica de los operarios en la industria, obliga a buscar nuevas fuentes de formación profesional por lo que se propone siempre contando con el aval del INTECAP:

- a) Fomentar la creación de escuelas industriales dedicadas exclusivamente a la certificación de carreras técnicas. A manera de ejemplo, en Estados Unidos existen varias instituciones de este tipo, a las que se puede acceder directamente por Internet y solicitar inscripción, bibliografía y las fechas de evaluación.

- b) Facultar a los ingenieros industriales, mecánicos y mecánicos industriales, debidamente colegiados, que se registren en INTECAP como potenciales encargados de extender certificaciones profesionales, una vez cuenten con una institución educativa legalizada y autorizada por el Registro Mercantil y el INTECAP.

- c) Conceder potestad a las universidades que posean las carreras de Ingeniería Mecánica o Mecánica Industrial, para poder extender la certificación profesional en el campo de la operación de calderas de vapor.

En general, como las dependencias antes señaladas tienen jurisdicción únicamente en Guatemala, es natural que la certificación señalada sólo tenga validez en el territorio guatemalteco, sin embargo, con los tratados que ha realizado el INTECAP con CINTERFOR, el cual tiene nexos en todos los países centroamericanos, es probable que se plantee a INTECAP su intervención para lograr un aval de territorio más amplio.

4. PROPUESTA DEL CONTENIDO DEL PROGRAMA DE APRENDIZAJE

A continuación, se detalla el contenido propuesto para ser impartido en cada uno de los tres niveles académicos. Se trata de material bibliográfico seleccionado de numerosas fuentes (Cfr. Capítulo No. 7), entre ellas las normas establecidas por la American Society Mechanical Engineering, así como las recomendaciones proporcionadas por los fabricantes de calderas de vapor, por los gerentes de mantenimiento de diversas industrias y la experiencia de algunos docentes que se encuentra en la red del Internet.

Lo que a continuación se señala es únicamente el contenido teórico del programa de certificación; le corresponde al instructor del programa añadir sus conocimientos pedagógicos para transmitir, de manera adecuada, estos conocimientos. Se recomienda que dichos instructores sean, preferentemente, ingenieros mecánicos o estudiantes del último año de carrera.

4. 1 Nivel académico 1: Operación de Calderas

4.1.1. Descripción general y principios de operación

Una caldera consiste, esencialmente, en un recipiente que contiene agua que se transforma en vapor por la aplicación de calor. Para llevar a la práctica esta función básica, los diseñadores han concebido innumerables configuraciones y variaciones, de esencialmente de dos tipos generales de caldera, a saber: pirotubulares (o de tubos de fuego) y acuotubulares (o de tubos de agua). En cada caso, sin embargo, la función de la caldera es transferir el calor de los gases de combustión al agua alimentada para llevarla al punto de ebullición a una presión de operación determinada.

a) Caldera pirotubulares

En estas calderas, los gases de combustión calientes se hacen pasar a través de una serie de tubos que están sumergidos en el agua de la caldera y actúan como el medio de transferencia de calor. Las calderas pirotubulares se clasifican generalmente como calderas de concha, ya que el agua y el vapor están contenidos dentro de una coraza que aloja los elementos que producen el vapor.

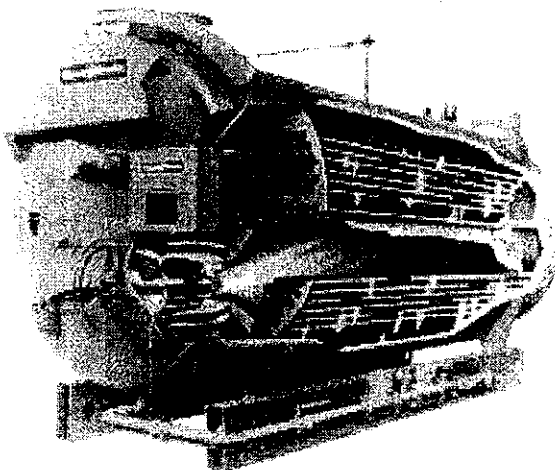
El límite superior práctico de la presión de operación de calderas pirotubulares estándar es de 250 libras por pulgada cuadrada. Esto obedece, principalmente a consideraciones estructurales; específicamente, la fuerza en la dirección longitudinal resultante de la presión del vapor generado es proporcional al producto de la presión y el diámetro de la concha. Más allá de cierto punto, no es económicamente viable aumentar el tamaño y el

espesor de las planchas extremas, lo cual implica la limitación de presión indicada juntamente con una capacidad máxima alrededor de 25,000 libras de vapor por hora (aproximadamente 750 HP de caldera).

Las calderas pirotubulares son normalmente de construcción simple y fuerte, y son relativamente baratas (baja inversión inicial de capital). Otra ventaja es su flexibilidad para adaptarse rápidamente a cambios de carga, aunque son un tanto lentas en alcanzar la presión de operación, a partir de una arranque en frío debido a su gran contenido de agua.

La mayoría de las calderas pirotubulares son diseñadas para utilizar una disposición de paso múltiple para los gases de combustión, a fin de propiciar una transferencia de calor más eficiente. El diseño de cuatro pasos es en la actualidad el límite práctico.

Fig. 1 Esquema interior de una Caldera Pirotubular



Fuente: Naval Facilities Engineering Command Guide Specification NFGS-15631F, Steam Boilers and Equipment.

b) Calderas acuotubulares

Al contrario del diseño de calderas de tubos de fuego, en las que los gases de combustión pasan dentro de los tubos sumergidos en el agua de la caldera, en las calderas acuotubulares los gases de combustión pasan fuera de los tubos que transportan internamente el agua, a fin de transferir el calor necesario para elevar la temperatura y llevar a su punto de ebullición dicho líquido. Existen muchos tipos diferentes de diseños; sin embargo, es común un máximo de tubos verticales o inclinados en las secciones de transferencia de calor por convección y radiación. Además, la mayor parte de los muros de los hornos están cubiertos por bancos de tubos de agua, conocidos como pantallas de agua, que tiene el doble propósito de transferir el calor al agua para su ebullición; también para enfriar el refractario de la pared del horno, y así prolongar su vida.

Actualmente estas calderas se instalan como unidades "empacadas". La Asociación de Fabricantes de Calderas de los Estados Unidos define este término como "una caldera equipada y despachada en forma completa con equipo de quemado de combustible, equipo mecánico de tiro, controles automáticos y accesorios".

c) Instrumentos de la caldera

Los instrumentos y los controles son esenciales para que una caldera funcione en forma segura, eficiente y confiable. El tema de los instrumentos y controles es sumamente amplio; a continuación se expondrán, en forma breve algunos conceptos y principios fundamentales. Los controles van desde sistemas manuales

sencillos, hasta sistemas automáticos, ayudados por un computador y, por consiguiente, el tipo de sistema de control que se utilice en una caldera depende de las necesidades de toda la operación y de los costos involucrados.

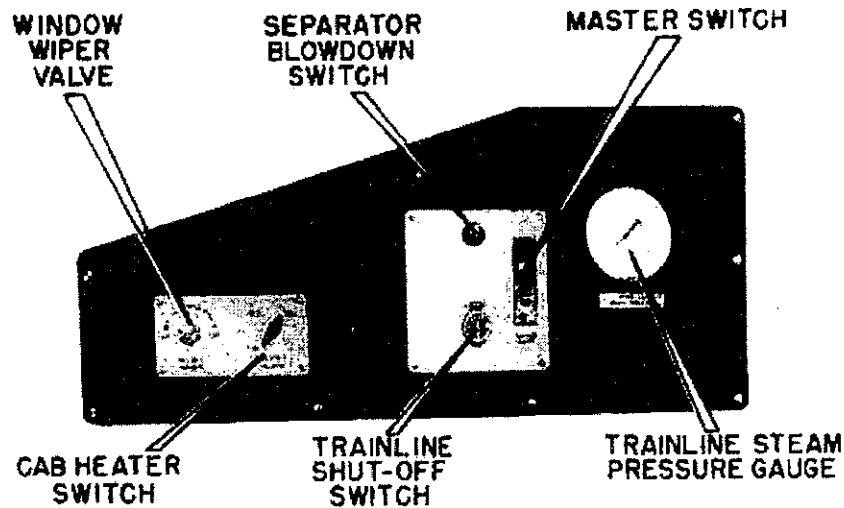
Todas las calderas están dotadas de instrumentos que indican o registran las siguientes variables:

- Presión de vapor
- Temperatura del vapor
- Nivel de agua
- Presión del agua de alimentación
- Tiro o presión del horno

Además de lo anterior, en las calderas que producen 10,000 libras de vapor/hora o más, también se controla:

- El flujo de vapor
- El flujo de agua de alimentación
- El flujo de aire de combustión

Fig. 2 Tablero de control maestro en una caldera



Fuente: American Society of Mechanical Engineers (ASME). Boiler and Pressure Vessel Review.

- Los componentes del tiro o presiones
- La temperatura del agua de alimentación
- La temperatura de los gases de combustión
- El flujo de combustible
- Las presiones del combustible
- Las temperaturas del combustible
- La velocidad y amperaje de ventiladores, bombas, alimentadores y otros componentes auxiliares que consumen energía eléctrica.

Otras mediciones recomendables son: el análisis de los gases de la chimenea, la densidad del humo, conductividad y concentración de iones de hidrógeno en el agua de la caldera. La cantidad y lo complejo de los instrumentos que se utilizan es, en general, proporcional al tamaño y complejidad de la unidad.

d) Componentes comunes a todas las calderas

- *Motor del ventilador (impulsor):* también designado como soplador, tienen la función de abastecer el aire para la combustión.
- *Motor de arranque:* da energía al motor del impulsor.
- *Ventilador:* suministra todo el aire comprimido para la combustión del combustible del piloto y del combustible principal, además, suministra el aire de purga.
- *Transformador para la ignición:* provee una chispa de alto voltaje para la ignición del piloto de gas o piloto de aceite liviano.
- *Motor modulador del registro:* mueve el registro rotatorio del aire y modula las válvulas del combustible por medio de levas y un sistema articulado, para asegurar la proporción correcta de aire-aceite bajo toda condición de carga.
- *Interruptor de baja alimentación:* por medio de levas, este interruptor auxiliar interno actúa sobre el eje principal del motor modulador del registro. Debe estar cerrado para que se encienda el quemador en posición de baja alimentación. Este dispositivo evita la ignición del quemador, a menos que el motor modulador haya vuelto a colocar el registro rotatorio del aire y la válvula reguladora del combustible esté en posición de baja alimentación.

- *Interruptor del quemador:* empieza manualmente y luego la operación del quemador la realiza por medio de una conexión directa.
- *Interruptor manual-automático:* en la posición "automática", toda operación queda bajo el control modulador que gobierna la posición del motor modulador según la demanda de carga. En la posición "manual", el motor modulador, por medio del control manual de la llama, puede ser ajustado para la asignación apropiada de alimentación. Básicamente éste es un control de prueba y ajuste que se usa para establecer la proporción de aire-combustible, a través de todo el campo de asignaciones de alimentación.
- *Control manual de la llama:* es un potenciómetro accionado manualmente que permite establecer la asignación del fogeo del quemador por medio del motor modulador. Se usa principalmente para establecer la asignación de la entrada de combustible por todo el campo de asignaciones de fogeo en el principio o en ajustes subsiguientes. No tiene ningún control sobre la rapidez del consumo de combustible, cuando el interruptor manual-automático está en la posición "automática".
- *Transformador del motor modulador del registro:* reduce el voltaje del circuito de control al voltaje apropiado (24VAC) para la operación del motor modulador.
- *Luces indicadoras:* dan información visual sobre la operación de la caldera en cuanto a:
 - Falla de la llama

- Demanda de carga
 - Válvula del combustible abierta
 - Nivel bajo del agua
-
- *Control de programación y seguridad de la llama:* en coordinación con los dispositivos de operación, límite y entreconexión, este programa dirige automáticamente cada período de arranque, operación y parada. Incluye en una secuencia calculada y cronometrada, la operación del motor soplador, el sistema de ignición, las válvulas del combustible y el motor modulador del registro. La misma secuencia abarca períodos de purga antes de la ignición y al cerrarse el quemador.
 - *Timbre de alarma:* produce señales audibles, cuando se presentan condiciones que requieren inmediata atención.
 - *Termómetro de la chimenea:* indica la temperatura de los gases de escape.
 - *Registro rotatorio del aire:* este registro proporciona el control exacto del aire para combustión, para que haya la proporción correcta entre aire y combustible, según las demandas de carga. Consiste en dos cilindros concéntricos con aberturas. El exterior es inmóvil y el interior es girado por el motor modulador, para variar el tamaño efectivo de las aberturas donde se solapan.

e) Sistemas de control de combustión

Los sistemas de combustión regulan la cantidad de flujo de combustible y de aire en la caldera. Los propósitos principales de estos controles son:

- Suministrar el calor necesario de entrada para satisfacer las demandas de vapor
- Proteger al personal y al equipo
- Reducir al mínimo la contaminación
- Minimizar el empleo de combustible

El primero de estos objetivos se cumple mediante suficiente alimentación de combustible, mientras que los tres últimos dependen de mantener el flujo, debido de aire respecto al flujo de combustible.

Fundamentalmente, existen seis tipos de sistemas de control de combustión para unidades que emplean un solo combustible, que cumple los anteriores objetivos con variados grados de eficiencia.

Estos tipos son:

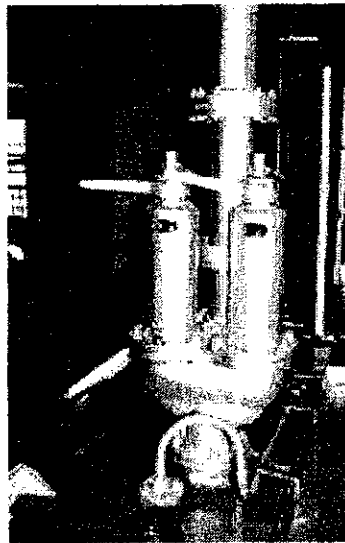
- Control de posición fija
- Control de posición paralela con reajuste por operador
- Control por relación de presiones
- Control por medición cruzada-limitada
- Control por medición de combustible y aire
- Control por corrección de oxígeno

f) Controles de vapor

- *Manómetro de la presión del vapor:* indica la presión interna de la caldera.
- *Control de límite de presión para operación:* rompe el circuito para detener la operación del quemador, cuando la presión de la caldera sube sobre el valor de presión seleccionado. Puede ajustarse para poner el quemador en marcha o pararlo en el valor de presión predeterminado.
- *Control modulador de la presión:* descubre cambios en la presión de la caldera y transfiere esta información al motor modulador, para adaptar la asignación de la alimentación del quemador cuando el interruptor manual-automático está en la posición "automática".
- *Cierre de bajo nivel del agua y control de la bomba:* este control opera por medio de un flotador y responde al nivel del agua en la caldera, como se ve en la mira de vidrio indicadora. A este doble control pertenecen dos funciones distintas:
 - Detiene la alimentación del quemador, si baja el nivel del agua bajo el punto de seguridad para operación, y da energía a la luz indicadora de bajo nivel de agua en el tablero de controles.
 - Hace sonar el timbre de alarma. Una vez parado el equipo requiere restablecimiento manual para poner el quemador en marcha después de un paro, debido a un nivel bajo de agua.

- *Columna de agua:* este conjunto contiene el cierre de bajo nivel de agua y el control de la bomba e incluye el vidrio de nivel, los cierres del tubo de vidrio y las llaves de prueba.
- *Válvula de drenaje de la columna de agua:* se provee de esta válvula para purgar la columna y sus tuberías regularmente, y así mantener las tuberías transversales y los flotadores limpios y libres de sedimento. Otra válvula de drenaje parecida a ésta está proveída con el cierre auxiliar de bajo nivel de agua para el mismo propósito.
- *Válvula de seguridad:* éstas válvulas liberan a la caldera de sobrepresiones, que exceden las especificaciones del diseño.

Fig. 3 Válvula de seguridad de una caldera



Fuente: Stenco Co. Manual de accesorios de calderas, página 55.

g) Controles para la alimentación del gas

- *Válvula del piloto de gas:* válvula de solenoide que se abre durante el período de ignición para dejar pasar el combustible al piloto. Se cierra después de que se establece la llama principal. La secuencia de recibir y quedar sin energía se determina por el cronómetro del control de la programación.
- *Válvula de escape del piloto de gas:* cuando se exige una segunda válvula del piloto de gas, se instala entre estas válvulas otra válvula de escape, la cual está abierta normalmente para dar salida a los gases que queden en la línea de gas principal, cuando las válvulas de la principal no tienen energía. Esta válvula se cierra cuando las de la principal reciben energía.
- *Llave de cierre del piloto de gas:* sirve para abrir y cerrar manualmente el abastecimiento de gas a la válvula del piloto de gas.
- *Llave de ajuste del piloto de gas:* permite regular el tamaño de la llama del piloto de gas.
- *Mezclador del piloto de gas:* mejora el movimiento de gas hacia el piloto.
- *Manómetro de la presión del piloto de gas:* indica la presión de gas hacia el piloto.
- *Llave de cierre de gas principal:* permite abrir y cerrar manualmente el abastecimiento de gas principal después del

regulador en la línea principal de gas. Suele instalarse una segunda llave de cierre, después de la(s) válvula(s) principal(es) de gas, para proveer un medio de cierre de la línea de gas.

- *Interruptor de baja presión de gas:* actúa por la presión interna; queda cerrado con tal que la presión en la línea del gas principal permanezca sobre una presión seleccionada. Si la presión cae debajo de este valor, los contactos del interruptor se abren y, al romperse el circuito, hace cerrar la(s) válvula(s) principal(es) del gas o evita el arranque del quemador.

h) Quemadores

El quemador es un componente sumamente importante del sistema de combustión. Su función es transformar la energía química del combustible en energía térmica por medio de una reacción de oxidación. Para proveer una ignición y una combustión continuas, el quemador tiene que mezclar el combustible y el aire, además de atomizar y vaporizar el combustible. Entre las características importantes del diseño de un quemador, figuran las siguientes:

- *Relación de régimen de entrada:* esta relación se refiere a la razón entre la entrada máxima y mínima de mezcla de combustible-aire en las que puede funcionar satisfactoriamente el quemador. El régimen de entrada máxima está limitado por la fuga de la llama y el tamaño del equipo. La fuga de la llama es el fenómeno que ocurre cuando la velocidad de la mezcla es mayor que la velocidad de la llama. El régimen de entrada mínimo está limitado por el proceso de la llama y el flujo mínimo al que funcionará el equipo regulador de la relación de mezcla. El retroceso de la llama

ocurre cuando la velocidad de la llama excede la velocidad de la mezcla.

- Durante el calentamiento inicial, se requiere una entrada grande de mezcla y es conveniente una elevada relación de régimen de entrada; sin embargo, ésta no puede emplearse durante todo el ciclo de calentamiento y es innecesaria en calderas de alimentación continua, en que raramente hay que arrancarlas en frío.
- *Estabilidad:* se considera que un quemador es estable si puede mantener la ignición cuando la unidad está fría y opera con relaciones de combustible y aire y presiones de mezcla normales. Un quemador no se considera estable solamente porque está equipado con un piloto. Muchos quemadores no funcionan satisfactoriamente en una condición tan adversa, como en ambiente frío, a menos que la mezcla sea rica y la llama se forme al aire libre. En los quemadores de este tipo, es necesario dejar abierta la puerta del horno durante el período de arranque. Si no se deja abierta la puerta, se consumirá rápidamente el aire libre dentro del horno y se extinguirá la llama.
- *Forma de la llama:* para un quemador dado, los cambios en la presión de la mezcla o la cantidad del aire primario afectarán la forma de la llama. En la mayoría de los quemadores, el aumento de la presión de la mezcla produce un ensanchamiento de la llama, mientras que el aumento del aire primario acorta la llama, y permanece constante el régimen de alimentación.
- El diseño de los quemadores afecta aun en mayor grado el tamaño de la llama. La buena mezcla, que resulta de una gran

turbulencia y altas velocidades, produce una llama corta y densa. Las mezclas pobres y las bajas velocidades producen llamas largas y delgadas. Las altas presiones de aire atomizadas tienden a desalojar el combustible de la tobera del quemador, antes de que pueda ser calentado a su temperatura de ignición y, por lo tanto, prolongan la llama.

i) Quemadores de gas

En estado gaseoso, los combustibles se dispersan fácilmente en el aire, por eso no necesitan ninguna preparación para ser quemados. El período de combustión es breve, una vez haya alcanzado la temperatura de ignición y se provea la turbulencia adecuada. Existen, fundamentalmente, dos tipos de quemadores de gas: quemadores de premezcla y los de mezcla en la tobera.

- *Quemadores de mezcla en la tobera:* estos quemadores mezclan el aire y el gas en la boquilla y pueden tener tres formas. El quemador puede ser un registrador estándar de tiro forzado, en el cual el gas se emite a través de agujeros perforados en el extremo de un tubo de abastecimiento. Este sistema se construye fácilmente, pero se utilizan agujeros grandes que provocan interrupciones en la mezcla de gases. Estos quemadores producen frecuentemente una llama de gas luminosa. Este es el sistema que se encuentra más corrientemente en la mayoría de las calderas comerciales e industriales pequeñas. El gas se introduce generalmente, a través de varios orificios o boquillas alrededor del anillo, y se forman chorros de gas que se mezclan rápidamente con el aire de combustión entrante, antes de llegar a la región de la llama.

4. 1. 2 El receptáculo de presión

A continuación, se presenta las generalidades y cuidados principales sobre el mantenimiento del receptáculo de presión, es decir de la caldera misma. Cabe mencionar que la demanda de servicio que presta una caldera tiene una relación importante para el grado de vigilancia, por lo que se requerirá de inspección y mantenimiento.

a) Tratamiento del agua

Atención especial requiere el cuidado del abastecimiento de agua y su tratamiento, pues repercute directamente en la eficiencia de la caldera. En el capítulo siguiente, se tratarán con detenimiento los procedimientos adecuados, para brindar un adecuado tratamiento al agua de alimentación, sin embargo, conviene señalar desde ahora algunos efectos que causa en el receptáculo de presión.

Si se trata apropiadamente el agua de abastecimiento de la caldera, se obtendrá un provechoso resultado en máxima eficiencia y larga vida de la caldera sin complicaciones a un costo más económico de operación.

Los objetivos del tratamiento del agua por lo general son:

- Prevención de depósitos de incrustaciones o cieno que estorban la transferencia de calor, que pueden incurrir en temperaturas excesivas en las partes metálicas y en paradas para reparaciones costosas.

- Eliminación de gases corrosivos en el agua de abastecimiento o en el agua que ya está en el sistema interno.
- Prevención de hendiduras cristalinas o un estado quebradizo del metal, debido a la presencia de elementos cáusticos.
- Prevención de espumaje y entrada de vapor llevado indebidamente por el agua caliente.

Para lograr estos objetivos, generalmente se requiere el tratamiento del agua, antes de que llegue al sistema y después de que está dentro de la caldera. Los requisitos de tratamiento del agua dependen de la fuente de agua, sin tratar, sus características químicas, la cantidad de agua agregada después, el uso verdadero de la caldera, etcétera. Las medidas de tratamiento incluyen filtración, ablandamiento, desmineralización y precalentamiento. Las condiciones verdaderas varían mucho, y por eso no se puede sugerir ninguna sustancia química aplicable a toda circunstancia ni se recomiendan métodos caseros experimentales.

Las superficies internas o el lado del agua del receptáculo de presión deben ser inspeccionados a menudo, para establecer si ha habido alguna contaminación, acumulación de materias extrañas, corrosión o picaduras. Si se comprueban estas condiciones, debe consultarse a un experto en aguas o una compañía de tratamiento, para que dé consejos sobre procedimientos correctivos.

b) Limpieza

El receptáculo de presión debe de mantenerse limpio, libre de grasa y materias extrañas. Estos depósitos, si los hay, no

solamente acortan la vida del cuerpo de la caldera, estorban la eficiente operación de la misma y el funcionamiento de los dispositivos de control y seguridad, sino pueden ser la causa de trabajos innecesarios y costosos, reparaciones y paradas.

La limpieza del lado del agua del cuerpo de la caldera debe hacerse durante el curso del arranque inicial. Los elementos que necesitan cuidado son el cuerpo de la caldera, las líneas de vapor y de regreso, y la tubería del agua caliente. Esta revisión debe de realizarse a los tres meses después del arranque inicial y luego en intervalos de seis y nueve meses, según las condiciones internas en que se encuentre en el momento de la inspección visual que se recomienda hacer bimensualmente.

La limpieza puede realizarse haciendo enjuague a fondo, que permita eliminar el fango, cieno y el sedimento encontrado dentro del sistema. Al terminar, un buen indicador de la efectividad de la limpieza será observar el estado del agua que sale al purgar la caldera.

c) Lavado de la caldera

A más tardar, a los tres meses de haber puesto, por primera vez, en servicio la caldera, hay que vaciarla y luego enfriarla a temperatura ambiente. Una vez fría, es conveniente realizar una inspección con el tacto, para conocer el estado de las superficies interiores del lado del agua, a fin de detectar a tiempo el inicio de picaduras, corrosión o formación de depósitos.

d) Purga de las calderas

Esta operación consiste en sustituir una parte del agua concentrada que está ya en la caldera por agua fresca de abastecimiento, con la finalidad de lograr una concentración de acidez y alcalinidad más ligera del agua en la caldera.

Es importante establecer que, a pesar del tratamiento del agua de abastecimiento, siempre se filtran pequeñas partículas indeseables que contribuyen a la formación de incrustaciones. Lamentablemente, hasta el momento, ningún proceso es capaz de quitar el 100 % de sustancias extrañas que se encuentran en el agua de alimentación, por lo que regularmente una cantidad pequeña siempre quedará en el agua de la caldera; por eso es necesaria la purga frecuente.

Otra finalidad de la purga es evitar la cristalización y concentración en las superficies de calefacción, de los sólidos residuales contenidos en el agua de alimentación, ya que son fuentes productoras de incrustaciones, las cuales reducen la transferencia de calor y además concentran a su alrededor sumideros de calor que originan excesivo calentamiento de las tuberías y excesos en el consumo del combustible, al querer elevar la presión del vapor producido. En estas circunstancias, durante un período corto de tiempo, pueden aparecer fallas de la tubería y daños en el metal del cuerpo de la caldera, y ocasionar paradas de operación y reparaciones costosas, especialmente por los retrasos en la producción que esto supone.

La mayoría de incrustaciones son producidas por concentraciones en el agua de aceite, sílice, sales de calcio y magnesio. Otros sólidos como las sales de sodio y el lodo suspendido no causan incrustaciones, sin embargo, si se les permite acumularse, se transformarán en espuma que reducirá la calidad del vapor.

La cantidad de cada drenaje la debe determinar el análisis efectivo del agua. Dejar que el agua en la columna baje aproximadamente 1/2 pulgada es una guía que garantiza un drenaje adecuado, sin embargo, esto puede aumentar de acuerdo con el análisis del agua; este es el factor más importante para determinar la cantidad de drenaje necesaria.

Después del enfriamiento y drenaje apropiados de la caldera, es recomendable lavar las superficies del lado del agua con una manguera de agua a presión, y remover toda incrustación o depósito en las superficies del lado del agua, y a la vez aprovechar para examinar si hay corrosión interna, externa o algún escape.

4.1.3 Secuencia de operación

En esta sección, se procurará esbozar la secuencia eléctrica de la mayoría de los controles de una caldera de vapor acuotubular, desde el ciclo de ignición, el período de operación, hasta llegar a una parada normal.

Es importante tener presente que el quemador y el sistema de control estarán listos para arrancar, hasta cuando se den las siguientes condiciones:

- El agua en la caldera tiene el nivel correcto.
- La luz indicadora de bajo nivel queda sin energía.
- El control del límite de presión para operación y el control del alto límite de presión o temperatura están más bajos que su punto de cierre.
- Todos los interruptores de entrada están cerrados y hay voltaje en los terminales del arranque del ventilador.

a) Controles de los circuitos e interconexiones

El circuito de control del quemador es un sistema de dos alambres, diseñado para corriente alterna, monofásica, 115 voltios, 60 ciclos. Los controles usados en este circuito varían según el tipo de combustible –aceite o gas- y, de acuerdo con los requisitos específicos de los códigos pertinentes, en el diagrama del alambrado de la caldera pueden localizarse la asignación a los controles suministrados. Los que normalmente se usan son:

- Interruptor del quemador
- Control de límite de presión o temperatura para la operación
- Control de alto límite de presión o temperatura
- Interruptor selector de gas-aceite
- Interruptor del tirador de aceite
- Interruptor de baja temperatura de aceite
- Interruptor de baja presión de gas
- Interruptor de alta presión de gas
- Prueba de cierre de la válvula

Los controles pertinentes al circuito de interconexión continuo son:

- Interconexión del arranque del motor del soplador
- Interruptor de prueba del aire para combustión
- Interruptor de prueba del aire para atomización

b) Instrucciones para el arranque y operación

Al llegar a esta etapa, el operador ya debe de estar familiarizado con el quemador, la caldera y todos los controles y componentes. Antes de tratar de operar la caldera, debe de estudiar adecuadamente las siguientes instrucciones:

- Verificar que el abastecimiento del combustible y el voltaje sea adecuado, además de examinar la existencia de fusibles quemados. Los cortacircuitos deben de estar abiertos para poder buscar las sobrecargas saltadas, etc. Se recomienda probar el restablecimiento de todos los arranques y controles que tienen dispositivos de restablecimiento manual. El indicador del motor cronométrico debe estar en la posición del punto neutro.
- La caldera debe estar llena con agua al nivel de operación manual y a temperatura ambiente. El agua de abastecimiento deberá de estar ya tratada y disponible para su uso.
- Es necesario abrir la válvula de escape para dar salida al aire originado al llenar de agua la caldera; puede dejarse abierta hasta observar el escape de vapor, después de que funcione el quemador.

- Antes de alimentar el combustible en una caldera, hay que estar seguro de que la tubería de desagüe de las válvulas de escape y la tubería de desagüe de las válvulas de drenaje se conduzcan a un lugar seguro de descarga, de modo que el derrame de agua caliente o vapor no provoquen daño alguno al personal o a la propiedad.
- Debe examinarse toda articulación para verificar si hay movimiento libre y completo del registro, las válvulas y levas moduladoras. Esto se logra relajando el sistema articulado, manualmente, del motor del registro.
- Antes de poner las bombas de abastecimiento de agua o de combustible en marcha, hay que cerciorarse de que todas las válvulas en las líneas estén abiertas o en la posición apropiada.
- Por seguridad, es aconsejable hacer una última inspección antes de arrancar y buscar en particular tuberías o alambros que pudieran estar incompletos, sueltos o en situación de peligro próximo.
- Hay que observar que las bases del sostén del receptáculo de presión estén soldadas a la brida en el frente y ligeramente afirmados por pernos en la parte postrera del receptáculo. Se aprietan esos pernos para el transporte de la caldera, de la fábrica al lugar de instalación, pero una vez puesta en marcha, es indispensable que queden relajados para dejar espacio a la contracción y expansión, o por los cambios fuertes de temperatura del receptáculo y la brida.

c) En cuanto al aire para la atomización se requiere los siguientes cuidados

- Comprobar el flujo y presión del aire. Para eso se debe activar el interruptor del quemador en la posición "on" y con ello para dar fuerza al relevador de programación, sin embargo, debe apagarse inmediatamente. La finalidad de la maniobra anterior es que el programador siga su ciclo sin la ignición y sin dar energía a las válvulas del combustible.
- Si no hay presión, deben de examinarse posibles obstrucciones en la línea de entrada del aire, cerciorarse de que la rotación esté en la dirección apropiada (para la bomba de aire, en la dirección de las manecillas del reloj) y que no haya una boquilla de aceite relajada u otros escapes. Si la presión se encuentra en un valor mucho más alto sin flujo de combustible, deben de inspeccionarse posibles obstrucciones en la línea de descarga o en la boquilla del inyector.
- La presión del aire aumentará cuando se presente un flujo de combustible. En la asignación de baja alimentación, la presión puede subir a 12 libras por pulgada cuadrada (psi) o más. En alta alimentación, la presión del aire no debe de ser superior a 30 psi. Presiones más vigorosas producirán un deterioro excesivo de la bomba, aumento del gasto del aceite lubricante, y presentar una carga demasiado grande para el motor.

d) En cuanto a la preparación para la alimentación del combustible, lo más importante a tener en cuenta es:

- Verificar el flujo y la presión de aceite. Para eso han de abrirse todas las válvulas en las líneas de succión y de retorno. Si el tanque de abastecimiento del aceite se localiza sobre el nivel de la bomba y el aceite fluye a ella por gravedad, entonces generalmente será preciso abrir la línea de succión para dejar que el aceite la llene.
- Si el tanque de abastecimiento de aceite está debajo del nivel de la bomba, es indispensable llenar completamente la línea con aceite, antes de poner en marcha la bomba, de lo contrario, sufriría fuertes daños el engranaje de la bomba.
- Las calderas con equipo estándar tienen un interruptor selector integrado al arranque del motor de la bomba de aceite. Hay que dar energía momentáneamente al arranque, para verificar si la bomba tiene la rotación correcta. Una vez comprobado, debe de ponerse la bomba en marcha para verificar la circulación del aceite. El manómetro de presión de aceite deberá indicar el establecimiento del flujo del mismo. Si después de algunos minutos el manómetro no marca presión, hay que detener la bomba y volver a cebarla. Si el tanque de abastecimiento está más bajo que la bomba, es posible que el cebado inicial, seguido por la operación de la bomba, no produzca un flujo de aceite. Causas posibles podrían ser: obstrucción en la línea de succión, altura excesiva de aspiración, cebado inadecuado, aberturas en la línea de succión, etc. Si el flujo de aceite no se establece fácilmente, debe de evitarse que la bomba siga funcionando para reducir el peligro de daños a los componentes internos de la

bomba. Si no se establece el flujo de aceite al probar cebarla 2 ó 3 veces, se requerirá una investigación completa para determinar la causa.

- La presión del abastecimiento del combustible es controlada por ajustes en las válvulas de escape de presión al bloque terminal; los manómetros allí instalados deben de ajustarse para conseguir una presión mínima de 75 psi, cuando el quemador está operando a su máxima potencia.
- La presión del combustible, recomendada en operación de alta alimentación es:
 - Abastecimiento de aceite..... 75 psi
 - Presión del aceite al quemador.. 40 a 50 psi
- Durante el arranque inicial, es posible que se requieran algunas pruebas para quitar el aire de las líneas, del piloto y de la llama principal. Si luego de eso, no se realiza la ignición, convendrá examinar los ajustes del quemador y del piloto.

e) Durante la operación y cualquier parada de la caldera, deben de tenerse en cuenta los siguientes aspectos generales

- Durante la operación normal, el interruptor manual-automático debe de permanecer en la posición "auto" y bajo el control modulador de presión o temperatura. Si se operan en la posición "manual", el receptáculo de presión y el refractario experimentan condiciones indeseables.
- Colocado el interruptor en "auto", el quemador operará según un plan modulado, de acuerdo con la demanda de carga.

- El quemador continuará operando por alimentación modulada, hasta alcanzar el límite de temperatura o presión para operación, a menos que:
 - El quemador sea puesto manualmente en “off”.
 - El control de bajo nivel señale bajo nivel de agua.
 - Se interrumpa la corriente o el abastecimiento del combustible.
 - La presión del aire para la combustión, o para la atomización, baje del nivel mínimo.

- En situaciones de parada normal, o al colocar el interruptor del quemador manualmente en “off”, la luz indicadora de demanda de carga se mantendrá apagada.

- Paradas debidas a condiciones que hacen funcionar los controles de seguridad, activan la luz de falla de la llama (y el timbre de alarma, si se usa). Se exige que la causa de esta parada sea localizada y corregida, antes de reanudar la operación.

- Si el control del límite de operación alcanza su asignación para abrir el circuito o si el interruptor del quemador es movido a la posición “off”, se desarrolla la secuencia siguiente:
 - Las válvulas del combustible quedan sin energía y se apaga la llama principal.

 - El motor cronométrico comenzará a funcionar y el soplado seguirá operando para forzar aire, por el hogar, durante el período de postpurga.

4.1.5 Procedimiento para los ajustes

Aunque cada caldera se prueba para el buen funcionamiento antes de despacharla de la fábrica; condiciones variables como las características de quema del combustible empleado, y condiciones de carga y servicio a veces se exigen ajustes adicionales posterior a la instalación para asegurar la eficiencia y economía máximas durante operación.

Una análisis de la eficiencia de combustión hecho durante el arranque inicial ayudará a determinar los ajustes adicionales requeridos para una operación específica.

Antes de poner la caldera por primera vez, hay que hacer una inspección de todos los controles, tuberías y sus conexiones, alambrado, y toda atadura, como tuercas, pernos y tornillos de ajuste, para averiguar qué daños o mal ajuste hayan ocurrido durante el embarque o instalación.

a) Motor modulador

Hay que ajustar el motor modulador para proveer una rotación del eje de 90 grados. La posición cerrada del motor se halla en el límite de rotación, al contrario de la dirección del reloj, visto desde el extremo motriz. En esta posición, la parte llana del eje está 45 grados de la horizontal en motores de un golpe de 90 grados y 10 grados de la horizontal en motores de un golpe de 160 grados.

b) Controles para operación del quemador

Por lo general, al ajustar los controles, verifique que estén nivelados, especialmente los que tienen interruptores de mercurio. En los controles que sienten temperatura, esté seguro de que la bombilla esté bien sentada en su pozo y que la tubería esté libre de obstrucciones.

Se calibran los controles cuidadosamente durante la fabricación y normalmente no requieren re-calibración. En general, los calores marcados en los indicadores son exactos en extremo, aunque no es infrecuente encontrar una variación pequeña entre el valor asignado y lo que se lee en un manómetro de presión o termómetro, y así reajustar el valor asignado para conformar con estas lecturas. Todo eso depende, claro, de que se supone que los manómetros de presión y los termómetros son exactos.

Al ajustar bien los controles del quemador para que estén de acuerdo con las demandas de carga, se logran ventajas en la operación y las siguientes metas deseables:

- El quemador opera en posición de baja alimentación antes de cerrarse.
- El quemador opera en baja alimentación por un espacio de tiempo breve en cada arranque durante operación normal.
- Logra la eliminación de ciclo frecuentes de operación y parada.

c) Interruptor de prueba de aire para combustión

La presión del aire en el diafragma actúa de interruptor, el cual, una vez cerrado, forma un circuito para probar la presencia de

aire para combustión. En vista de que la presión del aire para combustión está a su valor mínimo cuando el registro está completamente abierto, se debe ajustar el interruptor bajo esa situación. Se debe ajustar el interruptor, de modo que salte bajo condición de presión mínima, pero no en un valor tan cerca al mínimo que ocasione paradas innecesarias.

d) Interruptor de prueba del aire para atomización

La presión del aire contra el diafragma acciona el interruptor, el cual, una vez cerrado, forma un circuito para probar la presencia de aire para atomización. En vista de que la presión del aire para atomización está en su valor mínimo cuando no hay combustible en el inyector, se deben hacer los ajustes mientras funciona la unidad, pero no durante la alimentación. Se debe ajustar el interruptor, de modo que salte bajo condición de presión mínima pero no en un valor tan cerca al mínimo, que resulte en paradas innecesarias.

Después de hacer el ajuste, se debe de reanudar el ciclo del control para asegurar la operación normal. El interruptor de prueba tiene que estar en la posición "normal".

e) Ajuste para la combustión del combustible

Después de operar por un espacio de tiempo suficiente para asegurarse de una caldera bien calentada, deben hacerse los ajustes para obtener combustión eficiente.

No se puede determinar una combustión eficiente sólo observando la apariencia de la llama. El color de la llama es una guía poco confiable, aunque puede ayudar a establecer

asignaciones aproximadas. Se deben efectuar éstos ajustes, de modo que haya una llama clara y aguda sin tufo visible.

La relación apropiada de aire/combustible, en toda asignación de alimentación, tiene que estar establecida por medio del analizador de los gases de escape. Este instrumento mide el contenido, en porcentaje, de bióxido de carbono (CO_2) en los gases de escape. Se logra la asignación ideal del punto de vista de la eficiencia, cuando el porcentaje de oxígeno en los gases de escape es cero. No obstante, es más práctico regular el quemador, de modo que opere con una cierta cantidad de aire excesivo para compensar para variaciones ligeras en la presión, la temperatura y las características pertinentes a la combustión del aceite. Aire excesivo por 15-20 % se considera como normal y resulta en una medida de CO_2 de 12.5 a 13 %.

Nunca debe operarse el quemador con una proporción de aire/combustible, que muestre un porcentaje de monóxido de carbón que se puede descubrir.

4.1.6 Problemas de interrupción

A continuación, se indican algunos problemas frecuentes en el funcionamiento de las calderas de vapor. No se trata de explicar métodos para corregir la falla, una vez que ésta es identificada. Se deja a criterio del operador el hacer uso adecuado de la siguiente información.

Se pueden prevenir las interrupciones o las paradas costosas, a través de inspecciones sistemáticas de la operación misma contra la secuencia normal, para determinar el punto en que la ejecución

desvía del normal. Seguir una rutina puede eliminar posiblemente el hecho de pasar por alto una condición obvia, muchas veces una que sea relativamente fácil de corregir.

4.1.6.1 Posibles fallas por las que el quemador no arranca

- El interruptor de desconexión principal está abierto.
- Hay fusibles quemados, sobrecargas saltadas o suelta conexión eléctrica.
- El interruptor de seguridad para el control de la combustión requiere restablecimiento.
- El control del límite no está completo, pues no hay energía del programador:
 - La presión o la temperatura sobrepasa la asignación del control de límite para operación.
 - El nivel del agua está debajo de la asignación apropiada.
 - Para un quemador de combustible pesado, es posible que la temperatura del aceite haya caído debajo de la mínima temperatura requerida para operación.
 - Si arranca, pero se para después de unos segundos, examine el circuito del interruptor de la prueba del aire.

4.1.6.2 Dificultades por las que podría no haber ignición

a) Falla de la chispa:

- Un electrodo está conectado a tierra o la porcelana está agrietada.
- El electrodo tiene las medidas incorrectas.

- El terminal en el cable de asignación está suelto o el cable está roto.
- El transformador para ignición es ineficaz.
- Conviene examinar los contactos apropiados del relevador de la programación.

b) Hay chispa, pero no hay llama:

- Falla del combustible: no hay presión, la válvula está cerrada, el tanque está vacío, la línea está rota, etc.
- El selenoide para el piloto es ineficaz.
- El voltaje para el piloto es inadecuado o está ausente

c) El interruptor de baja alimentación está abierto:

- El motor del registro no está cerrado; la leva se ha deslizado; el interruptor es defectivo.
- El registro está pegado o el sistema articulado está interrumpido.

4.1.6.3 Dificultades en la llama principal, habiendo piloto de gas

a) La llama del piloto es inadecuada

b) En un quemador es posible que:

- Una obstrucción que haya cortado el abastecimiento de aceite; la válvula esté cerrada, y haya pasado una falla de succión.
- La bomba de abastecimiento sea ineficaz.

- No haya combustible.
- La válvula selenoide sea ineficaz.
- Conviene examinar el inyector, la boquilla y las líneas.

4.1.6.3 Posibles causas por las que puede fallar la llama

- Puede haber ocurrido una falla de combustible o una obstrucción en el mismo.
 - La válvula de combustible es defectuosa; una conexión eléctrica puede estar suelta.
 - El lente está sucio o el tubo de mira está obstruido.
- a) Si el interruptor de cierre del programador no ha trancado, deben de examinarse los controles del límite del circuito, el interbloqueo o el motor del soplador:
- La luz indicadora de falla de llama (y el timbre de alarma) recibe energía si hay falla de ignición, falla de la llama principal, señal de llama inadecuada o un control abierto en las interconexiones.
 - La luz (y el timbre) no recibe energía al abrirse cualquier control en el circuito de límites.
- b) Si ha bloqueado el interruptor de cierre:
- Examine las líneas del combustible y las válvulas

- Examine el escudriñador de la llama
 - Visualmente examine los contactos apropiados del motor cronométrico y del relevador.
 - Examine el motor del soplado y todos los interbloqueos
- c) La proporción de aire/combustible es incorrecta (llama mezquina):
- El sistema articulado se ha deslizado.
 - El registro está sujeto en la posición abierta.
- d) El abastecimiento del combustible no es constante:
- Puede haber una obstrucción temporal en la línea de combustible.
 - Ha pasado una caída temporal en la presión del gas.
 - La válvula de compuerta con orificio está accidentalmente abierta.

4.1.6.4 Causas por las cuales podría no funcionar el motor modulador

- El interruptor manual-automático está en la posición incorrecta.
- El sistema articulado está pegado o suelto.

- El motor no se mueve a la posición abierta o cerrada durante la prepurga o a la posición cerrada durante una parada del quemador.

- El motor no opera como demandado:
 - El interruptor manual-automático no está en la posición correcta.

 - El control modulador no está bien ajustado o es defectivo.

- El motor es ineficaz:
 - Una conexión eléctrica podría estar suelta.

 - El transformador del registro es defectuoso.

4.1.7 Inspección y mantenimiento

Un programa de mantenimiento bien planteado evita interrupciones innecesarias o reparaciones costosas, aumenta la seguridad y ayuda a los inspectores encargados de dar fuerza a los códigos para calderas. Debe de establecerse un plan para inspección, junto con una lista de procedimientos, y se recomienda que un registro diario de la caldera sea mantenido. Un registro de las actividades para el mantenimiento diario, semanal, mensual y anual figura como guía estimable, y ayuda a conseguir un servicio prolongado y eficiente de las calderas.

Aunque una máquina de vapor tiene dispositivos eléctricos y mecánicos que la hacen automática o semi-automática en su operación, estos dispositivos requieren un mantenimiento sistemático y periódico. Cualquier elemento "automático" no releva al operador de ninguna responsabilidad, sino le evita que efectúe algunas tareas rutinarias, y le dan más tiempo para dedicarse al cuidado y mantenimiento de su caldera.

El buen manejo y limpieza de la sala de la caldera ayuda a mantener apariencias profesionales. Se debe permitir solamente al personal autorizado de especialistas para operar, ajustar o reparar la caldera y su equipo relacionado. También se debe mantener la sala de la caldera libre de toda materia y equipo, que no sean necesarios a la operación de la caldera o los sistemas de calefacción.

La vigilancia en reconocer ruidos irregulares, lecturas de los manómetros impropios, goteo, etc., puede prevenir al operador de condiciones del funcionamiento defectuoso, y permitirle efectuar las correcciones prontas para evitar reparaciones extensas e interrupciones inesperadas. Todo escape de vapor, agua o combustible debe ser corregido, tan pronto como se observen, pues son caros, además de peligrosos. En el programa de mantenimiento, deben incluirse medidas de prevención como cerciorarse de la tirantez de toda conexión, contratuerca de seguridad, tornillos de sujeción, collarín, etc.

La proporción de aire-combustible debe ser examinada frecuentemente, ya que esto avisa al operador de las pérdidas en la eficiencia de la combustión que no producen cambios visibles en la llama. Las variaciones en la composición del combustible que ocurren de un tiempo a otro pueden exigir modificaciones de ajuste

al quemador. Debe emplearse un analizador de combustión, de modo que resulte la economía y la eficiencia máximas en operación.

4.1.7.1 Inspección periódica

Las inspecciones de este tipo suelen ser proyectadas para tiempos de interrupción normal de la caldera (por ejemplo durante una temporada de ocio), aunque se pueden efectuar en otros tiempos. A veces, es provechoso realizar reemplazos y reparaciones poco convenientes y, en otras ocasiones, al mismo tiempo como en la inspección principal. Además, esto sirve como base para establecer un plan para los programas de mantenimiento periódico.

Aunque esta inspección pertenece primariamente a las superficies del borde del agua y a las del recubrimiento refractario, provee al operador la oportunidad excelente para una detallada inspección y para pruebas de todos los componentes de la caldera, inclusive la tubería, las válvulas, las bombas, las empaquetaduras, el refractario, etc. Hay que planear y efectuar una limpieza comprensiva, toques a la pintura y el reemplazo de elementos desgastados en esta ocasión. Cualquier reparación principal o reemplazos mayores también deben ser coordinados, si se puede, para realizarse durante este período de interrupción de la caldera.

4.1.7.2 Limpieza de las superficies refractarias

El hollín y otras materias poco combustibles son aisladores efectivos y si se permiten acumularse darán una reducida transferencia de calor y en un aumento en el gasto de combustible. El hollín y otros depósitos pueden ser muy absorbentes y, al atraer

la humedad, producen ácidos corrosivos que deterioran el metal del refractario.

La limpieza debe efectuarse en frecuentes intervalos regulares según la carga, tipo y calidad del combustible, temperatura interna de la caldera y eficiencia de combustión. Un termómetro en la chimenea, si se usa, puede servir de guía a los intervalos de limpieza, ya que una acumulación de depósitos de hollín levantará la temperatura de los gases de combustión. Esta limpieza se efectúa abriendo la puerta delantera y trasera, introduciendo un escobillón por delante y atrás. Hay que cerciorarse de sacar todo el hollín o acumulaciones sueltas que haya en los tubos, así como en el hogar y en los cabezales de los tubos. Hay que tener en cuenta que la superficie refractaria debe ser limpiada completamente antes de cualquier parada larga de la caldera.

4.1.7.3 Borde del agua y controles del nivel del agua

La mayoría de los casos de daños graves de las calderas son el resultado de fallas de los controles de bajo nivel del agua o el uso de agua no tratada adecuadamente.

Como los dispositivos de cierre de bajo nivel de agua han sido graduados para la operación por sus fabricantes originales, no deben intentarse ajustar estos controles para modificarles el punto de cierre de bajo nivel, el punto de contacto de la bomba o el punto de cierre de la bomba. Si los dispositivos de bajo nivel empiezan a funcionar erróneamente o si sus gradaciones cambian de los niveles previamente aceptables, debe buscarse cuál es la razón y corregirla lo más pronto posible; para eso, puede repararse el mecanismo o

reemplazarlo si el daño es muy grande.

En una caldera de vapor, la cabeza del dispositivo de cierre del bajo nivel de agua debe quitarse del receptáculo, por lo menos una vez al mes; para determinar la limpieza del flotador, de las piezas internas movibles, y del receptáculo o columna de agua.

Además, al mismo tiempo, deben quitarse los talones de los accesorio o crucetas para estar seguros de que la tubería que conecta a la cruceta está limpia y sin obstrucciones. Los controles tienen que estar nivelados para operar correctamente. Hay que verificar que la tubería quede en alineación vertical, después del despacho e instalación, y durante toda la vida del equipo.

Es recomendable mantener un plan establecido para los drenajes parciales y la limpieza de los controles para agua en las calderas de vapor.

4.1.7.4 Mira del vidrio para el nivel del agua

Debe de reemplazarse inmediatamente la mira de vidrio, cuando esté rota o descolorida; en cada ocasión conviene utilizar juntas nuevas. Las empaquetaduras sueltas no son recomendadas, porque pueden ser forzados debajo del vidrio, y podrían tapan la abertura de la válvula.

Al reemplazar el vidrio, hay que cerciorarse de que las válvulas estén bien cerradas. A cada extremidad del vidrio se coloca una tuerca de empaquetadura, una arandela de empaquetadura y un anillo. Debe insertarse una extremidad del vidrio en el cuerpo de la alta válvula medidora, bastante profundo para permitir que la parte

más baja sea soltada dentro del cuerpo más bajo.

4.1.7.5 Controles eléctricos

La mayoría de los controles de operación requieren poco mantenimiento, aparte de la inspección ocasional. Sin embargo, es conveniente verificar que toda conexión esté apretada y se mantenga limpia. Hay que sacar todo el polvo que se acumula en el interior del control con una manga de aire comprimido de baja presión, teniendo cuidado de no provocar daños al mecanismo.

Se examinan todos los interruptores de tubo de mercurio, para ver si están dañados o partidos; esta condición pone en manifiesto una mancha oscura sobre la superficie normalmente lustrosa del mercurio, y produce una acción errática del control. Hay que cerciorarse de que los controles de este tipo estén correctamente nivelados y emplear el indicador de nivelación.

El polvo y la suciedad pueden producir excesivo calentamiento y desgaste del arranque del motor y de los contactos; así pues, requieren un mantenimiento también. Los contactos del arranque están cubiertos en plata y no se dañan por decoloración o ligeras picaduras. No deben emplearse limas o materiales abrasivos (como papel de lija) en los puntos de los contactos, porque lo único que hacen es quitarles el recubrimiento de plata. Para limpiar y pulir los contactos, puede emplearse un papel con superficie dura. Solamente es necesario reemplazar los puntos cuando la plata está muy gastada.

4.1.7.6 Mantenimiento del quemador de aceite

El quemador debe ser inspeccionado, para saber si han ocurrido daños debidos a una combustión mal ajustada. La disposición del inyector de aceite, en relación con el difusor y los otros componentes, es muy importante para obtener una llama adecuada.

El sello entre la cubierta del quemador y el recubrimiento del refractario es extremadamente importante. Debe inspeccionarse periódicamente y hacerse las reparaciones que sean necesarias.

- *Coladores de aceite:* los coladores de aceite se deben limpiar con frecuencia para mantener un flujo de combustible que sea tanto libre como pleno. El filtro del colador debe de quitarse y limpiarse a intervalos frecuentes. Es aconsejable quitar este filtro cada mes, y limpiarlo completamente sumergiéndolo en un solvente y secándolo soplando aire comprimido.
- *Limpieza del inyector de aceite:* la eficiente operación del inyector depende de lo limpio que se mantenga en su conjunto. Aunque el inyector es purgado de aceite después de cada parada, debe ser quitado periódicamente del quemador, desarmando y limpiado totalmente. Si en cualquier momento la llama del quemador se pone "filamentosa" o "perezosa", es probable que el inyector esté obstruido parcialmente. Cualquier obstrucción en el tubo o conjunto del inyector hace que el manómetro de la presión de aire en el inyector marque más de su valor nominal.
- La limpieza necesaria se realiza con un disolvente, una laca por ejemplo. Para limpiar no use alambre u objetos metálicos

punzantes, pues pueden mellar o deformar el orificio, así como las superficies pulidas de precisión del rotor y de la boquilla, y dejar inservible el inyector. Es preferible utilizar un palito puntiagudo de madera blanda.

- *Sistema de ignición:* para obtener el mejor resultado en el arranque, es imprescindible mantener las dimensiones e intervalos correctos de los electrodos. Estos deben de examinarse para establecer si tienen señas de picadura o depósitos de combustible; se puede corregir este problema alisando las puntas con una lima fina. La parte aislante de porcelana debe de inspeccionarse para detectar posibles grietas o astilladuras y reemplazarlas, si es el caso; de lo contrario, el contacto de ignición podría irse a "tierra". Como el carbón es un buen conductor eléctrico, es necesario mantener limpia la parte aislante del electrodo. El amoniaco es adecuado para quitar el carbón y el hollín.

4.1.7.7 Válvula de seguridad

La válvula de seguridad es un punto muy importante y por lo tanto merece una atención especial. El propósito de las válvulas es prevenir una presión más grande que la especificada para la caldera. El tamaño, clasificación y número de válvulas en una caldera se determina por el código ASME de calderas. La instalación de una válvula es de gran importancia para su larga duración. La válvula debe ser montada en posición vertical, de manera que la descarga y el desagüe, de acuerdo con el código, puedan ser encañados de una manera acertada.

Es importante tener en cuenta que estas válvulas no necesitan lubricación o cobertura protectora para trabajar mejor, por lo tanto,

no deben de pintarse ni cubrir con aceite.

4.1.7.8 La bomba de aire y el sistema de lubricación

- *Bomba de aire:* la bomba de aire requiere poco mantenimiento, pero la duración de la misma depende del abastecimiento suficiente del aceite lubricante, limpio y frío. El nivel de aceite tiene que ser observado atentamente.
- *Aceite lubricante:* el aceite lubricante tiene que ser observado siempre en el calibrador. No existe un nivel específico desde que el aceite sea visible. No debe operarse la bomba, si el aceite no está visible. La viscosidad necesaria puede obtenerse con aceites detergentes SAE 10 y 20.
- *Filtro del aceite lubricante:* la tela del aceite lubricante tiene que ser removida y limpiada regularmente. Es aconsejable remover lata cada mes y limpiarla sumergiéndola en un solvente, luego puede secarse con aire comprimido. Para remover la tela, hay que soltar el tornillo con cuidado, para evitar soltar la vedación de cobre. Basta aplicar un suave golpe para lograr que se desprenda.

4.1.7.9 Refractorio

Toda caldera es expedida con un refractorio completamente instalado. El refractorio en una caldera está integrado por la cabeza delantera, la puerta interior y el recubrimiento del hogar. El mantenimiento normal exige poco tiempo o gasto pero prolonga la vida y el servicio del refractorio. Un plan de inspecciones periódicas,

para que el operador esté enterado de las condiciones interiores del refractario, servirá de resguardo contra interrupciones inesperadas y reparaciones mayores.

El mantenimiento preventivo consiste en retoques frecuentes en las superficies del refractario. Para esto, se usa mortero del tipo que seca al aire y se aparejan altas temperaturas, diluido en agua hasta que tenga la consistencia de crema. Los intervalos entre estos toques varían, según las cargas de operación, y el operador los puede determinar mejor cuando tiene las puertas abiertas para la inspección. Estos retoques deben hacerse, tan pronto como aparezcan grietaduras.

En caso de que secciones enteras del recubrimiento se consuman y quiebren por completo, el refractario tendrá que reemplazarse por completo. Los residuos de refractario, rotos o quemados, que caigan del recubrimiento del hogar, deben sacarse tan pronto como se vean, para que no se vaya a fundir al fondo del hogar y obstruyan la llama.

Si el refractario necesita reemplazarse totalmente, se debe asegurar de quitar todo el existente y limpiar la pared de acero del hogar, de todo cemento refractario o materias extrañas, para asegurar que el nuevo recubrimiento se asiente firmemente sobre el acero del hogar. Después de limpiar el acero, debe inspeccionarse el metal del hogar, para ver si está en buenas condiciones. Es posible que al quitar el refractario defectuoso aparezcan algunos residuos de soldadura en las paredes metálicas del hogar; este metal, si se encuentra, fue instalado originalmente para evitar el movimiento de los refractarios durante el transporte de la caldera; después de eso ya no tienen utilidad alguna, por lo que al instalar el nuevo

refractario, se les podrá remover por completo.

Instalación del recubrimiento: se recomienda acomodar las tejas en seco, marcarlas, quitarlas y luego volver a instalarlas con la cantidad apropiada de cemento refractario. Las uniones delgadas son las más recomendables. Para lograr un buen sello entre la cubierta del quemador y las tejas de la garganta, puede aplicarse una capa de pulpa de cemento de asbesto mezclada con agua en el área del sello, antes de introducir la cubierta del quemador en su lugar.

- *Puerta trasera:* la puerta trasera es un casco de acero que tiene tejas horizontales deflectoras y es guarnecido con materia aisladora y un refractario moldeado. Si la pintura de la superficie exterior de la puerta se ve quemada o descolorida, no será indicativo de deterioro del refractario, sino consecuencia de:

- Una empaquetadura con goteo.
- Sellado defectuoso.
- Falta de presión de los pernos retenedores de la puerta.
- Obstrucción de la línea de aire que va de la caldera al tubo de mira.
- La pintura utilizada no es lo suficientemente resistente al calor.

Antes de emprender reparaciones grandes basándose en la suposición de que el refractario necesite renovación, es aconsejable revisar los siguientes puntos:

- Examinar la condición de la empaquetadura en el reborde posterior del cuerpo de la caldera.

- Examinar la condición de la pulpa de asbesto que protege la empaquetadura del reborde.
- Inspeccionar las tejas deflectoras horizontales para comprobar la existencia de grietas y hendiduras.
- Comprobar que la línea de aire que va de la cabeza de la caldera al tubo de mira esté abierto; si no es así, bastará con soplarla con aire comprimido para eliminar la obstrucción.

Es normal en los refractarios, expuestos a gases calientes, que formen grietas delgadas, sin embargo, esto no es sinónimo de defectos en el diseño o en la mano de obra. Todos los materiales refractarios experimentan cierto grado de expansión o contracción con los cambios de temperatura; es por eso que es de esperar que muestren pequeñas grietas. Pueden considerarse grietas normales, si tienen hasta $1/8$ de pulgada de ancho; cuando son así, el refractario tiende a cerrarlas a altas temperaturas. Si se localizan grietas mayores, pero menores a $1/4$ de pulgada, bastará con rellenarlas con cemento refractario que pueda aparejarse a altas temperaturas. De igual manera, cualquier separación que se encuentre entre el refractario moldeable y el deflector de teja, debe de rellenarse en la forma anteriormente indicada.

Si no existe grieta alguna en el refractario, el mantenimiento que se va a aplicar consistirá en limpieza de toda la superficie del reborde la puerta, puede hacerse con un cepillo de fibra; de esta manera se evitará dañar la superficie.

4.1.7.10 Cierre y sello de las puertas

Cuando se abren las puertas delantera y trasera para una inspección, debe observarse la condición de la empaquetadura de sello, para determinar si ésta se ha vuelto dura y quebradiza. Si hay duda de las condiciones de la empaquetadura, es mejor reemplazarla; si se encuentra en buen estado, bastará aplicarle una mezcla de grafito y aceite en toda su superficie, e inspeccionar que el reborde de la puerta este limpio y sin residuos de cemento u otros materiales dañinos.

En el sello del deflector debe examinarse si aún se encuentra en buenas condiciones, si no necesita ser reemplazado, convendrá aplicarle una ligera capa de pulpa de asbesto para aumentar su vida útil. Al cerrar la puerta, esta pulpa se extiende protegiendo la empaquetadura y la cuerda de asbesto a lo largo de la línea horizontal del centro del cabezal de tubos, por lo que forma un sello con la superficie del refractario.

4.1.7. 11 Lubricación

Motores eléctricos: los fabricantes de motores eléctricos varían de especificaciones en cuanto a la lubricación y cuidado de los cojinetes en sus equipos; por eso para un mejor mantenimiento, es aconsejable seguir sus recomendaciones.

Los motores dotados de cojinetes de bolas están prelubricados. El espacio de tiempo que un cojinete puede funcionar sin añadir más grasa depende de varios factores: la potencia del motor, el tipo de recubrimiento que lo guarda, las cargas verdaderas, la humedad y temperatura del ambiente. Cuando se necesita lubricarlos, se debe

de renovar por completo la grasa que contiene; esto se logra aplicando grasa nueva a presión hasta observar que brota un exceso de lubricante limpio.

4.1.8 Instrucciones para la solicitud de repuestos

Cuando sea necesario solicitar repuestos de caldera a la casa fabricante, es imprescindible proporcionar información completa de las características de la máquina de vapor. Para esto se debe proporcionar el número de la serie de la caldera que aparece en la placa de identificación, que se encuentra en la tapa delantera de la unidad.

Según la marca de la caldera, las empresas de suministro de equipo pueden proporcionar un catálogo de repuestos para facilitar la ubicación de las piezas que sean necesarias; si es así, debe enviarse el código, número de repuesto y una descripción breve del mismo. Es importante indicar la fecha máxima en la que se desean los repuestos y el medio de transporte, más adecuado que se va a utilizar.

Si los repuestos son para equipos accesorios, tal como motores eléctricos, bomba, etc., los cuales pueden no aparecer en la lista de repuestos, bastará con indicar los datos completos de la placa de identificación de la caldera y del equipo mismo, para el cual son necesarios los repuestos.

4. 2 Nivel académico 2: Mejoramiento de la eficiencia de una caldera

4.2.1 Principios fundamentales para la eficiencia de calderas

La eficiencia de una caldera se define como la razón entre el calor absorbido por el agua de alimentación al convertirse en vapor, y la energía total disponible del combustible suministrado. Es decir, que la eficiencia es una medida del aprovechamiento del combustible por la caldera al generar una determinada cantidad de vapor. No es económicamente factible la fabricación de una caldera que funcione con muy pocas pérdidas de calor o sin ellas y, por consiguiente, la eficiencia de una caldera siempre es menor del 100%. No obstante, alguna de las pérdidas de calor pueden reducirse al mínimo o eliminarse mediante prácticas apropiadas de operación y mantenimiento.

- **Las pérdidas de eficiencia de una caldera se originan principalmente por cinco factores**
 - El calor arrastrado en la chimenea por los gases calientes (sin considerar la humedad); a ésta pérdida se le conoce normalmente como de gases secos de chimenea.
 - El calor latente del vapor de agua (humedad) presente en los gases calientes de chimenea. Éste resulta de la combustión del hidrógeno, contenidos en el combustible y el aire de alimentación.

- Combustible no quemado y productos de combustión incompleta.
- El calor perdido por la caldera a través de su aislamiento. Esta pérdida se denomina generalmente “pérdida por radiación”; comprende, además, el calor perdido por convección hacia el ambiente, que está en contacto con la superficie de la caldera.
- El calor que transporta la purga de la caldera.

Las mejoras en la eficiencia de una caldera son, principalmente, el resultado de reducciones de las pérdidas de energía térmica en los gases de chimenea y en el agua expelida. Los procedimientos que disminuyen el flujo de masa y el contenido de energía de estas corrientes benefician directamente la operación de la unidad.

La eficiencia total de una caldera se exprese frecuentemente como el 100 % menos las pérdidas totales (en porcentaje). La eficiencia máxima se obtiene cuando la combustión es completa y se reducen al mínimo las pérdidas de calor descritas arriba.

El medio directo para mejorar el rendimiento consiste en identificar las pérdidas, su magnitud relativa, y luego concentrarse en las pérdidas predominantes que gobiernan la baja eficiencia.

El término “eficiencia de combustión” se usa muy a menudo como sinónimo de “eficiencia de caldera”, aunque su definición no es la misma. La eficiencia de combustión se expresa como el 100 % menos la suma de las pérdidas por gases secos de chimenea y las

pérdidas por humedad en dichos gases. Este punto de vista no toma en cuenta las pérdidas de combustible como pérdidas por transmisión de calor en la superficie de la caldera ni las pérdidas por purgas. Aunque estas pérdidas son pequeñas, en comparación con la suma de la pérdida de los gases de chimenea y la humedad de estos, su efecto total será siempre que la eficiencia de caldera sea menor que la eficiencia de combustible. No obstante lo anterior, un aumento de eficiencia de combustión conducirá, en general, a un aumento de la eficiencia de caldera. Ambas expresiones son sinónimas como medida del rendimiento operativo de la unidad.

4.2.2 Factores de decisión para la elección de reemplazo o reparación

El objetivo último, por el cual se busca la mayor eficiencia posible en las calderas de vapor, es lograr la máxima producción de vapor al menor costo posible. Este costo tiene su mayor incidencia en el consumo de combustible, el cual será mayor en cuanto más pérdidas de transferencia de calor se presenten y debido, también, a una mala regularización de la relación aire-combustible, en la que intervienen directamente el estado de los quemadores.

De esta cuenta, las decisiones de reemplazo o reparación deben de centrarse en la calidad de las superficies de la transferencia de calor dentro de la caldera y del funcionamiento adecuado del quemador. Ayudará también incluir los mecanismos del sistema del aire de alimentación y los controles de la combustión.

A continuación, se presenta, a manera de guía, un listado de verificaciones que deben de realizarse en una caldera, los cuales, de acuerdo con los resultados obtenidos y teniendo como base el

registro de mantenimiento realizado en anteriores oportunidades, el operador de calderas de vapor podrá inferir sobre la conveniencia de reemplazar la pieza o someterla a una reparación a fondo.

- **Verificaciones para una inspección preliminar:** de acuerdo al tipo de quemador, las verificaciones a realizar se describen a continuación:

GAS	ACEITE	ALIMENTACIÓN MECÁNICA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estado de los orificios de inyección de gas ▪ Verificación de los filtros y trampas de humedad ▪ Estado y orientación de los difusores y tuberías de gas ▪ Estado del refractario del horno ▪ Estado y operación de las compuertas de aire 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estado y limpieza en el paso del combustible ▪ Temperatura de quemado del combustible ▪ Presión del vapor atomizante ▪ Estado y orientación de los difusores del quemador ▪ Posición del difusor de combustible <ul style="list-style-type: none"> ▪ Efectividad del filtro de aceite ▪ Estado del refractario en la garganta del quemador ▪ Estado y operación de las compuertas de aire. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estado de las parrillas ▪ Posición y operación del alimentador ▪ Posición de todas las compuertas de regulación de aire ▪ Operación del sistema de inyección

Además, en otras partes de la caldera pueden realizarse las siguientes:

CONTROLES DE COMBUSTIÓN	HORNOS
<ul style="list-style-type: none">▪ Movimiento apropiado de las válvulas de combustible▪ Existencia de juego en las barras de control o compuertas de aire▪ Presión adecuada de los reguladores▪ Ciclaje adecuado en la velocidad de quemado▪ Operación adecuada de los cierres de seguridad y circuitos de trampas de la caldera	<ul style="list-style-type: none">▪ Existencia de depósitos o suciedad en el interior de los tubos de la caldera▪ Operación apropiada de los sopladores de hollín.▪ Posibilidad de fugas en los ductos y en la cubierta▪ Limpieza y operabilidad de los visores del horno.

4.2.3 Análisis de comparación de eficiencias entre calderas

a) Pruebas de eficiencia de una caldera

El afinamiento de una caldera constituye un método para determinar el mínimo exceso de O₂ práctico con que puede operar. El método consiste en una serie de pruebas que hace funcionar la caldera a diferentes regimenes de carga y niveles de exceso de aire simultáneamente; registra las condiciones de funcionamiento y efectúa mediciones de gases de chimenea.

Para obtener el máximo beneficio de las pruebas, es necesario registrar todos los datos obtenidos. El registro de las condiciones de operación de una caldera y de las mediciones de gases de chimenea,

no sólo proporcionará las características de eficiencia y emisión, sino permitirá hacer comparaciones futuras para ayudar a diagnosticar problemas de esos aspectos. Los datos de las pruebas deberán registrarse en formatos preparados de antemano, e incluir la siguiente información:

- Identificación de la caldera, tipo de combustible quemado, fechas de las pruebas y nombres del personal involucrado.
- Condiciones del vapor, del agua de alimentación y del combustible (velocidades del flujo, presiones y temperaturas), para obtener el régimen de quemado de la caldera y la generación de vapor.
- La posición del dispositivo de control de la combustión y de los ajustes del quemador.
- Presiones, temperaturas y ajustes de la compuerta del horno.
- Mediciones de gases de chimenea (O_2 , CO_2 , CO , humo y temperatura). Anotar la posición del punto de muestreo.
- Apariencia de la llama, condiciones de sobrecarga y del horno.
- Anotar cualquier cambio que se efectúe en los dispositivos de control de combustión o ajustes del quemador.

La confiabilidad de las lecturas de la caldera dependerá de los instrumentos disponibles. Éstas deben registrarse solamente después de que la caldera haya alcanzado condiciones estables. Esto se indica generalmente, con la estabilización de las temperaturas de

gases de chimenea, entrada de combustible, condiciones de vapor (presión, temperatura y nivel de agua). Las lecturas constantes de exceso de O_2 en los gases de chimenea, son buenos indicadores de que el flujo de combustible y aire se han estabilizado.

El afinamiento de la caldera establecerá el nivel de exceso de O_2 a un margen operativo sobre el "mínimo de O_2 " absoluto, que está en el umbral de la formación de emisiones de humo o combustible. Aunque la eficiencia máxima de la caldera ocurre con el mínimo de O_2 , no es práctico operar en estas condiciones, a menos de que la caldera esté equipada con controles de combustión de alto diseño y buena calidad de la llama, para evitar pequeñas desviaciones dentro de condiciones de combustión inseguras o inaceptables. Como estos dispositivos de control no son corrientes en la mayoría de las calderas industriales, es necesario dar cierto margen o flexibilidad operativa sobre el mínimo de O_2 para compensar las variaciones normales de las características del combustible, de las condiciones atmosféricas, de las características de respuesta del sistema de control de la combustión y de otros factores operacionales.

El mínimo de O_2 y el margen apropiado de operación arriba de este mínimo deben de ser establecidos y evaluados respecto a niveles típicos para el tipo de combustible y equipo de quemador usados. Si los niveles de O_2 son excesivos, se recomienda realizar ajustes del quemador como un medio posible de reducir la demanda mínima del mismo.

Un nivel alto de O_2 puede indicar un mal funcionamiento del quemador u otros problemas relacionados con el combustible o el equipo. Sin embargo hay que tener en cuenta que para diferentes

diseños de quemadores y combustibles, se tienen distintas demandas mínimas de O₂. En el siguiente cuadro, se presentan valores típicos para niveles óptimos de exceso de aire para distintos combustibles y métodos de quemado.

TABLA I. NIVELES TÍPICOS ÓPTIMOS DE EXCESO DE AIRE

<i>Tipo de combustible</i>	<i>Método de quemado</i>	<i>Exceso de aire óptimo</i>	<i>% O₂ por volumen equivalente</i>
Gas natural	-----	5 - 10	1 - 2
Propano	-----	5 - 10	1 - 2
Horno de carbón para gas	-----	5 - 10	1 - 2
Aceite No. 2	Vapor atomizaste	10 - 15	2 - 3
Aceite No. 6	Vapor atomizaste	10 - 15	2 - 3.5
Carbón	Pulverizador	15 - 20	3 - 3.5
Carbón	Por alimentador	20 - 30	3.5 - 5

Fuente: Manual de operación y mantenimiento caldera integrada Cleaver Brooks.

4.2.4 Análisis de cuadros y gráficas sobre el rendimiento de combustibles

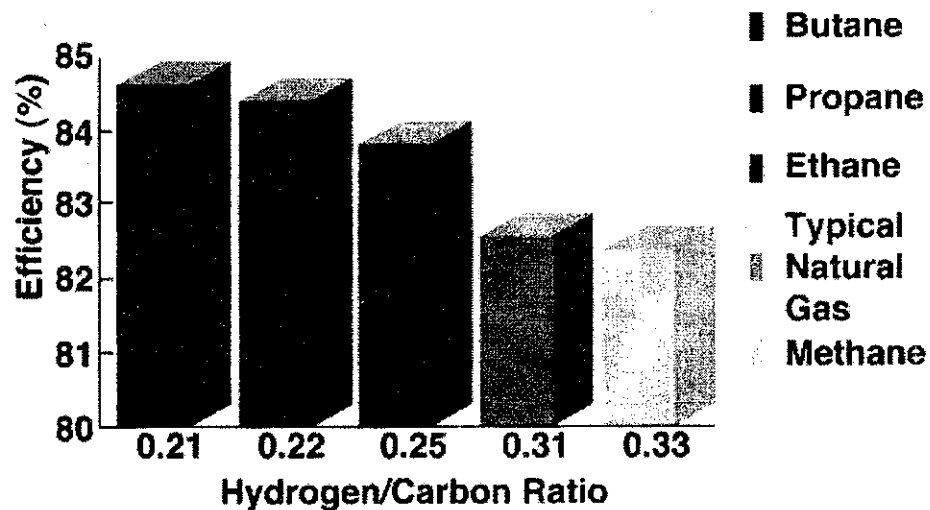
El combustible es la mayor parte del costo operativo y de mantenimiento de una caldera de vapor de proceso, y en una industria de alto consumo de energía, el costo anual del combustible puede superar el precio inicial de la caldera. Hay que tener en cuenta que para lograr un buen rendimiento es necesario una adecuada relación aire-combustible, ya que si el aire no es suficiente, quedará combustible sin quemar; esto significa no sólo una pérdida de combustible, sino también una fuente de contaminación, hollín y un peligro potencial de explosión.

Las calderas pueden quemar una variedad de combustibles que varían desde gas natural hasta materiales de desperdicio. Sin embargo, los tres combustibles principales son: gas, aceite y carbón.

Los combustibles gaseosos incluyen gas natural, butano y propano. El gas es un combustible de quemado fácil, debido a que ya se encuentra vaporizado y solamente requiere mezclarlo con aire para formar una mezcla combustible; es además un combustible muy limpio.

El gas natural, el propano y el butano tienen un mayor contenido de hidrógeno por unidad de peso que los combustibles sólidos o líquidos, lo que se traduce en mayores valores térmicos. Sin embargo cuando se queman volúmenes iguales de combustibles gaseosos y líquidos, el combustible líquido genera más calor porque contiene más hidrocarburos por unidad de volumen que un combustible gaseoso, por tener una mayor gravedad específica.

Fig. 4 Gráfica de eficiencia de algunos combustibles



Fuente: Instruction manual for forced draft burner. Kewanee Boiler Co. Inc.

A continuación, se presenta un cuadro donde se muestra el valor calorífico de algunos combustibles.

TABLA II. Análisis comparativo de combustibles típicos

Combustible	Valor calorífico neto (Btu/lb)
Gas natural	21,492
Propano	19,854
Butano	19,620
Nafta	19,152
Kerosina	18,558
Aceite de calefacción	18,378
Fuel Oil No. 4	18,090
Fuel Oil No. 6	17,784
Carbón coque	12,510

Fuente: Manual de operación y mantenimiento caldera integrada Cleaver Brooks.

El siguiente cuadro muestra los resultados del estudio realizado por el Centro de Información sobre Administración de Energía de Honeywell Inc.¹⁰, en el que muestra el efecto en la reducción de los costos de combustible al obtener mejores eficiencias de combustión en una caldera.

TABLA III. Ahorro por cada \$US 100.00 en costo de combustible al incrementar la eficiencia de combustión de una caldera pirotubular

<i>De una eficiencia de:</i>	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %
50 %	\$9.1 0	16.7 0	23.1 0	28.6 0	33.30 0	37.5 0	41.2 0	44.4 0	47.40
55 %		\$ 8.30	15.4 0	21.5 0	26.70 0	31.2 0	35.3 0	38.9 0	42.10
60 %			\$ 7.70	14.3 0	20.00 0	25.0 0	29.4 0	33.3 0	37.80
65 %				\$ 7.10	13.30 0	18.8 0	23.5 0	27.8 0	31.60
70 %					\$ 6.70	12.5 0	17.6 0	22.2 0	26.30
75 %						\$ 6.30	11.8 0	16.7 0	21.10
80 %							\$ 5.90	11.1 0	15.80
85 %								\$ 5.60	10.50
90 %									\$ 5.30

Fuente: Reliable performance burner. Kewanee applications with gas oil or combination gas/oil.

4. 3 NIVEL ACADÉMICO 3: Tratamiento de aguas para calderas

Debido a la diversidad de topografía y corrientes climatológicas de un país, se ha logrado establecer un conjunto de diferencias en la calidad físico-química del agua de pozos profundos; éstas conservan o extraen los minerales más diversos contenidos en el subsuelo, que en algunas ocasiones las convierten en aguas no potables o de pésima calidad para uso industrial; es por eso que la industria necesita del acondicionamiento físico, químico y bacteriológico para poder usarla en sus respectivos procesos productivos.

Son dos las propiedades del agua que más interesan: su alto poder disolvente y su alto poder de ebullición. La primera propiedad hace que la gran mayoría de compuestos existentes sean, en diferentes grados, solubles en agua; Y la segunda hace que grandes cantidades de energía térmica puedan ser extraídas del vapor de agua.

El agua pura no es más que una curiosidad de laboratorios. Debido a su alto poder disolvente, puede traer una gran cantidad de impurezas, las cuales se pueden clasificar en tres grupos: sólidos disueltos; gases disueltos y materia suspendida.

Algunas de las impurezas más comunes son:

- Bicarbonato de Calcio - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -
- Bicarbonato de Magnesio - $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ -
- Bicarbonato de Sodio - NaHCO_3 -
- Cloruro de Calcio - CaCl_2 -

- Cloruro de Magnesio – $Mg Cl_2$ –
- Sulfato de Calcio – $Ca SO_4$ –
- Sulfato de Magnesio – $Mg SO_4$ –
- Ácido Silícico – $H_2 SiO_3$ –
- Silicato de Sodio – $Na_2 SiO_3$ –

4. 3. 1 Acondicionamiento del agua para uso industrial

Este acondicionamiento se refiere a adecuar el agua de acuerdo con las condiciones necesarias para el trabajo. Tiene dos propósitos:

- Remover o minimizar características indeseables del agua, tales como remover la dureza, suavizando y evitando las incrustaciones;
- Agregar propiedades deseables al agua, como agregar sulfato para prevenir la corrosión por oxígeno.

El acondicionamiento del agua para uso industrial puede de tipo externo e interno.

a) Acondicionamiento externo

El tratamiento Externo puede incluir procesos fríos o calientes de ablandadores de cal, filtros, desalcalinizadores, desgasificadores, etc. Escoger la alternativa del tratamiento externo esta influida por factores como calidad del agua cruda que es suministrada y presiones de operación de la caldera.

A pesar de la pureza del agua producida por el equipo de tratamiento externo, normalmente se requiere de tratamiento químico interno, para completar así la protección contra las incrustaciones y la corrosión.

Una de las formas de acondicionamiento externo es a través de la filtración, que consiste en pasar un líquido que contenga materia suspendida, a través de un material poroso apropiado, de tal manera que remueva, del líquido, la materia en suspensión.

b) Acondicionamiento interno

El tratamiento interno se realiza por medio productos químicos que favorecen la reducción de formación de incrustaciones en las tuberías de las calderas. Estas incrustaciones suelen depositarse en las superficies de la transferencia de calor, y provocar un gran daño económico por el aumento en el consumo de combustible necesario para generar una misma cantidad de vapor.

TABLA IV. Análisis hecho en Estados Unidos sobre las pérdidas de energía, debido a depósitos de incrustaciones en calderas.

Espesor de la incrustación (pulgadas)	Gasto extra de combustible (en porcentaje)
1/64	8.5
1/32	9.3
1/16	11.1
1/8	12.4
1/4	25.0
3/8	40.0
1/2	55.0

Fuente: Sección de Laboratorios e Investigación del Departamento de Salubridad del Estado de New York en Albany, N. Y. Estados Unidos de Norteamérica. 1998.

c) Tratamiento con Fosfatos

Para prevenir que las sales de calcio se adhieran a las superficies de evaporación de la caldera, el tratamiento interno consiste en precipitar las sales de calcio y magnesio, como lodo, y mantenerlo en forma líquida para que pueda ser removido en el momento de purga.

d) Tratamiento con polímeros dispersantes

La función de un polímero dispersante es evitar la aglomeración de partículas en suspensión en el agua de la caldera. Nunca un polímero es capaz de desempeñar dos o más funciones en el acondicionamiento del agua de alimentación, por lo que si un polímero es indicado para evitar incrustaciones en los tubos de una caldera, puede que no sea indicado para ejercer la función de coloide protector, ya que no es capaz de evitar el aglutinamiento de partículas que formarán lodos insolubles. Es por eso que se requiere una mezcla de dos o más tipos de polímeros. Uno como dispersante y otro como inhibidor de incrustaciones.

d) Tratamiento con fosfonatos

Los beneficios principales de las sales de fosfonatos de potasio, en las formulaciones para el agua de calderas, consisten en su habilidad para capturar el calcio sin formar precipitado. Los productos fosfonatos son frecuentemente combinados con acondicionadores de lodo o usados como suplemento con quelantes.

4. 3. 2. Problemas que ocasiona el agua de alimentación en las calderas

Los problemas más frecuentes y serios que ocasiona el agua en los equipos de generación de vapor son:

- Incrustación y depósitos de lodos
- Corrosión
- Fragilización cáustica del acero
- Contaminación del vapor (arrastre)
- Corrosión de las tuberías de condensado y vapor
- Exceso de purgas

a) Incrustación y depósitos de lodos

Generalmente, el agua que se utiliza para la generación de vapor puede proceder de pozos, ríos, lagos o de la red de agua potable. En cualquier caso, suele encontrarse contaminada de sales minerales y sólidos en suspensión, que al no ser volátiles y evaporarse el agua quedan atrapados en el interior de las calderas, y forman depósitos de dureza conocidos como incrustaciones, y se deben primordialmente a las sales duras que contiene el agua.

b) Control de incrustaciones en el agua de calderas

La formación de costra en las superficies calientes de la caldera es uno de los problemas más serios del agua para los generadores de vapor. La causa principal para la formación de costra es el hecho de que la solubilidad de las sales decrece cuando se incrementa la temperatura. Consecuentemente, mientras más alta es la presión de la caldera, más alta es la correspondiente temperatura del vapor, y

menos solubles se vuelen estas sales. A consecuencia de esto, las sales como el carbonato de calcio, el sulfato de calcio y el carbonato de magnesio suelen precipitarse dentro de la caldera.

La presencia de estos materiales retardan la transferencia de calor, y causan pérdida de eficiencia en una caldera, por lo que la temperatura de los gases en la chimenea puede aumentar, porque la caldera absorbe menos calor de los quemadores.

La formación de incrustaciones puede prevenirse, como anteriormente se ha visto, por medio de tratamiento externo o de un tratamiento químico interno. Con el tratamiento externo, puede reducirse significativamente la concentración de impurezas de calcio y magnesio, antes de que el agua de alimentación llegue a la caldera; mientras que el tratamiento interno usa químicos que condicionan el agua en la caldera para prevenir la formación de incrustaciones.

c) Contaminación del vapor

El principal objetivo de una caldera es producir un gas útil, libre de sólidos, que proporcione calor y energía. Si el vapor contiene sólidos, el equipo se puede dañar, y si existe agua en las líneas de conducción del vapor, puede ocurrir la formación de espuma y arrastre químico y mecánico.

La espuma es el resultado de formación de burbujas en la superficie del agua de la caldera; esta puede completa o parcialmente llenar el espacio de vapor de la caldera.

El arrastre consiste en pequeñas partículas que proceden de la caldera y llegan a contaminar el vapor. El arrastre mecánico puede

ser causado por defectos en el diseño de la caldera; sobrecarga en la operación de la caldera, oscilaciones imprevistas de carga o debido a altos niveles de agua.

El arrastre químico puede ser consecuencia de un exceso de sólidos disueltos o de excesos de alcalinidad, así como por la contaminación de aceites lubricantes.

El arrastre puede ser controlado aplicando químicos antiespumantes y poner en marcha un buen régimen de purga.

d) Corrosión en la tubería de vapor y en el retorno de condensado

La corrosión en las líneas de vapor y de retorno de condensado, así como en el equipo asociado a éstas líneas, es un problema común en la industria. Este problema puede ser bastante severo y dar como resultado que deban cambiarse líneas, válvulas, sifones y otros accesorios, y provocar así altos costos de mantenimiento y además interrupciones fuertes en la producción.

Las causas principales de corrosión son los gases disueltos como el dióxido de carbono y oxígeno. Estos gases deben estar en solución, antes de que se vuelvan agresivos.

La fuente principal del dióxido de carbono es la alcalinidad del bicarbonato y carbonato del agua de alimentación a las calderas. Esta alcalinidad, una vez sujeta a la temperatura de la caldera, sufre una descomposición termal y libera dióxido de carbono, el cual entra directamente en contacto con el vapor. Para disminuir lo más posible ésta corrosión, es recomendable utilizar aminas

neutralizantes, que se aplican directamente al agua de alimentación o a la caldera. Estas aminas reaccionan con el ácido carbónico del condensado, neutralizan su acidez, y disminuyen el nivel oxidante. El control de este tratamiento se basa en alimentar suficiente amina neutralizante para elevar el ph del condensado, a un rango de 7.5 a 8.5.

e) Exceso de purga en las calderas

Igual que un percolador que deja los residuos minerales, en forma de incrustación y/o lodo, todos los sólidos disueltos o suspendidos que entran en una caldera son dejados atrás cuando el calor es generado. La continua adición de agua de relleno produce, dentro de la caldera, concentraciones de sólidos cada vez mayores. Finalmente se llega a un punto donde la operación de la caldera es completamente insatisfactoria. Los factores limítrofes pueden ser total de sólidos, sólidos suspendidos, alcalinidad o contenido de sílice. Todos los programas de tratamiento de agua están entonces basados en estos factores limítrofes, que es pauta para la presión específica de la caldera.

e) Purga de fondo

Es la forma más directa, frecuentemente la única, para remover efectivamente los sólidos suspendidos acumulados en la caldera. Purgar cortas frecuentes son mucho más efectivas para remover el lodo de la caldera que no solo una purga larga e infrecuente. Es una buena práctica operacional hacer una purga a la caldera, por lo menos una vez cada turno.

Un buen control de purga es uno de los requisitos más importantes en el acondicionamiento del agua de la caldera. Si la purga no es regulada adecuadamente, será casi imposible mantener un control satisfactorio del programa de tratamiento químico y condiciones buenas de transferencia de calor.

4. 3. 3. Características de un adecuado tratamiento de aguas

Un buen tratamiento del agua de alimentación de calderas de vapor debe reunir las siguientes características:

- Remoción del lodo formado por un buen régimen de purgas.
- Corrosión mantenida a un mismo nivel.
- Que no exista fragilidad cáustica, causada por alta alcalinidad, y que puede producir grietas en los puntos en que es mayor la fatiga mecánica del metal.
- Que no exista espuma y sin ebullición violenta.
- Los TDS (sólidos disueltos totales) no deben ser tan altos que requieran acceso de purga.
- El vapor debe ser seco o de una alta calidad o pureza y debe contener pocos sólidos totales para proteger el equipo y las líneas de conducción de vapor.

TABLA V. Parámetros que deben mantenerse, según la presión de trabajo de una caldera:

Presión de trabajo (psi)	Sólidos totales	Alcalinidad total (PPM)	Sólidos suspendidos (PPM)
0 – 300	3500	700	300
301 – 450	3000	600	250

Fuente: Cleaver Brooks, División of Agua Chem Inc. Milwaukee, Wisconsin. Review Steam Boiler. 1998.

Podrá darse cuenta el lector de que el tratamiento de agua para calderas significa algo más que prevención de corrosión e incrustaciones; en realidad, se refiere a la administración de control químico para un adecuado precalentamiento y pre-tratamiento del agua de alimentación. Es por eso que el análisis químico se recomienda que lo realice un profesional de dicha área, sin embargo, el operador de calderas deberá estar familiarizado con los términos descritos, a fin de poder manejar adecuadamente los generadores de vapor.

En cualquier caso, el operador de calderas de vapor deberá de tener presente el siguiente control de límites, que no deben de excederse bajo ninguna circunstancia:

TABLA VI. Control de límites de impurezas en el agua

	Valor (ppm *)	aceptable	Valor (ppm)	límite
Sólidos totales disueltos	800		2000	
Alcalinidad total	150		700	
Dureza	0		0	
Sólidos en suspensión	30		125	
Sílice	80		325	
Aceite, materia orgánica, etc.	2		7	
Oxígeno	10-20		70	
Bióxido de carbono	10-20		70	

(*) ppm: partículas por millar

Fuente: American Society Mechanical Engineering, Review Mechanical Engineering, march 1990.

4. 3. 4. Exámenes de laboratorio

Los exámenes del agua en el laboratorio se llevan a cabo por muchos motivos. Probablemente el más frecuente es el de ayudar a formar una opinión acerca de lo adecuado que sea el agua de un abastecimiento para el uso público. Esto implica considerar diversos factores; si es de confianza para el consumo humano, según lo revele la presencia o ausencia de contaminación; si es corrosiva para la tubería metálica o es capaz de formar incrustaciones en sistemas de agua fría o caliente: Si es agradable en su apariencia y sabor; si es satisfactoria para usarse en el lavado doméstico de ropa y loza, o si puede usarse para fines industriales. Son esenciales los análisis

rutinarios de laboratorio, para controlar los procesos de tratamiento de agua y garantizar un afluente satisfactorio en todo momento.

Los exámenes de laboratorio pueden clasificarse en: exámenes físicos; análisis químicos, exámenes bacteriológicos y exámenes microscópicos. Las pruebas física miden y registran aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos. Los análisis químicos determinan las cantidades de materia mineral y orgánica que hay en el agua, y que afecte su calidad, proporcionan datos acerca de contaminaciones o muestran las variaciones ocasionadas por el tratamiento, lo cual es indispensable para controlar un proceso de tratamiento de agua. Los exámenes bacteriológicos indican la presencia de bacterias, características de la contaminación y consiguientemente la calidad del agua para su consumo. Los exámenes microscópicos proporcionan información relativa a las proliferaciones en el agua, que frecuentemente son las que causan sabores y olores desagradables u obstrucción de los filtros.

En el trabajo de laboratorio del análisis de la calidad de agua, han de tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

a) Estado de los frascos para la toma de muestra

Los recipientes para la recolección de muestras destinadas al análisis químico, deben estar limpios, pero no necesariamente esterilizados. Se requieren unos cuatro litros de muestra para verificar un análisis sanitario completo, sin embargo, para una planta en operación basta un litro de muestra para los análisis que es necesario hacer.

b) Muestreo

Los lugares de donde se deben obtener las muestras dependen del propósito del examen y de la necesidad de obtener muestras representativas del agua que se vaya a examinar; de esta cuenta se pueden realizar:

- *Muestras para el control de laboratorio de una planta en operación:* deben de recolectarse muestras de agua cruda para determinar las características que se vayan a corregir mediante el tratamiento. Cuando se emplean la coagulación y la filtración, las muestras del agua coagulada y del afluyente del filtro demuestran la eficiencia de ambos procesos.
- *Muestras para determinar la calidad del agua.* es deseable, generalmente, recolectar muestras del agua, tal como entra al sistema de distribución y varias muestras del sistema mismo. El número de muestras que se tome del sistema varía, según los recursos de que se disponga, del tamaño de la población servida y del propósito del examen que se vaya a hacer.
- *Frecuencia del muestreo:* ésta debe determinarse para cada abastecimiento y para cada planta, y depende de la fluctuación en la calidad del agua cruda. Con agua cruda sin variación apreciable, son suficientes las muestras semanales para la mayoría de las pruebas.
- *Turbiedad:* los patrones de turbiedad consisten en suspensiones de arcilla finamente dividida, con partículas de tamaño uniforme, las cuales, cuando son agitadas perfectamente, equivalen a turbiedad de 5, 10, 15, 20 y 25 mg/litro.

- En el agua de suministro, esta turbiedad puede deberse al carbonato de calcio precipitado, que provocan depósitos de incrustaciones en las tuberías; también puede deberse al óxido de hierro formado por la corrosión de la tubería. En el agua cruda, influye sobre la cantidad coagulante que se requiere para el tratamiento y puede acortar los ciclos de filtración. Una turbiedad mayor de 5 mg/litros es fácilmente notada por el consumidor e indica condiciones no satisfactorias. La coagulación y la filtración siempre deben disminuir la turbiedad, a menos de 5 mg/litros, y en plantas que operen con agua de pozo, deben disminuirla a menos de 1.0 mg/litro.

c) Pruebas químicas del agua

- *Dureza:* una de las pruebas principales que se deben realizar en el agua es la de dureza; por lo general se determina solamente en el agua tratada, por lo tanto, las muestras se toman del agua filtrada o del sistema de distribución.
- Aguas con índice de dureza menor de 300 mg/litro son generalmente muy corrosivas; para evitar esto, se tratan con cal, y así se evitan las aguas blandas.
- *Alcalinidad:* es una medida de los constituyentes básicos (alcalinos) del agua. En las aguas naturales, la alcalinidad se presenta generalmente en forma de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio y potasio. Dentro de los límites razonables, la alcalinidad no tiene importancia sanitaria pero si es muy significativa en relación con los procesos de coagulación y correctivos del poder corrosivo del agua.

- En lo que se refiere a la formación de incrustaciones, el factor importante que se debe cuidar es la relación entre el grado de alcalinidad y el de pH, para mantener el balance adecuado; el control de alcalinidad puede realizarse a través de cal o soda ash.
- *Concentración de los iones hidrógeno -valor del pH-:* la concentración de los iones hidrógeno o valor del pH mide la intensidad de la reacción ácida o alcalina del agua. El agua que no tiene ácido ni álcali tiene un valor de pH igual a 7.0.
- La corrosividad de un agua es función del pH y puede corregirse frecuentemente, disminuyendo la intensidad ácida mediante la adición de un álcali. De manera análoga, los depósitos o la disolución de las incrustaciones en las tuberías pueden controlarse cambiando la relación entre la alcalinidad y el valor del pH, por la adición de cal o soda ash calcinada. El control de esta adición se basa en las mediciones del pH.

CONCLUSIONES

1. La certificación profesional en Guatemala debe de irse promoviendo, hasta lograr que todos los operarios puedan contar con ella; de esta manera se garantiza la aplicación adecuada de conocimientos en la industria, y se lograrían salarios más competitivos.
2. Es necesaria una mayor colaboración entre el INTECAP y las universidades, en cuanto a focos de investigación, para promover el desarrollo industrial y tecnológico del país. De esta cuenta, al INTECAP, como órgano rector, le corresponde descentralizar las posibilidades de formación en instituciones privadas lucrativas y no lucrativas, y así facilitar una mayor cobertura de capacitación profesional, en muy diversas áreas.
3. La certificación de operadores de calderas de vapor convendría iniciarla como un proyecto de la Facultad de Ingeniería de la USAC, en la cual podrían intervenir los estudiantes de último año de las carreras de Ingeniería Mecánica o Mecánica Industrial.
4. El Programa de capacitación que se presentó es una guía para la dirección de los diferentes niveles académicos; actualmente con la facilidad del Internet, es muy fácil y práctico poder obtener la información directamente de los fabricantes y de la American Society Mechanical Engineering (ASME).

RECOMENDACIONES

1. Para implementar la cultura de la Certificación Profesional en Guatemala, es preciso contar con la participación directa de los profesionales de Ingeniería, quienes desde la industria pueden impulsar, promover y exigir una adecuada formación profesional en sus empleados. Por esta razón, se sugiere proponer al Colegio de Ingenieros de Guatemala su participación activa para ayudar a promover, a través de sus investigaciones, publicaciones y conferencias, la Certificación Profesional Técnica, en todos los campos de la industria.

2. Se sugiere que la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, pueda incluir un Programa de prácticas de laboratorio en el curso Plantas de Vapor se impartan los siguientes contenidos:
 - a) La certificación profesional en Guatemala
 - b) Operación de calderas
 - c) Mejoramiento de la eficiencia de una caldera
 - d) Tratamiento de aguas para calderas

REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS

1. Estuardo Velázquez Vázquez. Estudio sobre las carreras técnicas vocacionales. (Tesis Facultad de Ingeniería USAC, Guatemala 1970). pp. 1-7.
2. Idem.
3. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. Ley Orgánica Decreto No. 17-72. Guatemala, INTECAP, 1972. p.16.
4. Centro Educativo Técnico Laboral Kinal. Departamento de Asesoría. 6a. avenida 13-54 zona 7, Colonia Landívar, Guatemala.
5. Ingeniero Marco Antonio Jo Chang. Gerente de Servicio de Maquinaria e Insumos Industriales S. A. 10a. calle 0-78 zona 14, Guatemala.
6. The Engine Service Association Inc. Technician Certification Testing. <http://www.pecert.com/registra.html>.
7. Hospital Roosevelt y Cementos Progreso. Unión de Servicios Industriales, 5ª. Avenida 3-56 zona 11, Guatemala.
8. Ing. Marco Antonio Jo. Gerente de Servicios de Maquinaria Agrícola Industrial S. A.
9. Ing. Hugo Santiago. Jefe de Mantenimiento del Hospital Roosevelt.
10. Industrial Word Review. Calderas económicas (septiembre de 1995) pp. 21-25.

BIBLIOGRAFÍA

1. BLAKE, Richard. Water treatment for HVAC and potable water systems. Estados Unidos, Mc Graw Hill, 1998.
2. CLEAVER BROOKS, Division of Agua-Chem, Inc. Manual de operación de calderas integradas. Milwaukee, Winsconsin, 1995.
3. CLEAVER BROOKS, Division of Agua-Chem, Inc. Manual del cuidado de la caldera. Milwaukee, Winsconsin, 1996.
4. INSTITUTO TÉCNICO DE CAPACITACIÓN Y PRODUCTIVIDAD. Ley Orgánica Decreto No. 17-72. Guatemala, INTECAP, 1972.
5. INDUSTRIAL WORLD REVIEW. El problema de los desechos industriales. New York, Septiembre de 1993.
6. KEWANEE MANUFACTURING Co. Inc. Care and operations manual boiler pressure vessels. Illinois, USA, 1995.
7. OFICINA DE RECURSOS ENERGÉTICOS DE GEORGIA. Mejoramiento de la eficiencia de operación de calderas de vapor. Atlanta, Georgia, 1981.
8. SPIRAX SARCO MEXICANA, S. A. de C. V. Curso de vapor. Monterrey, México, 1997.

ANEXOS

Guión para entrevista No. 1:

OPERADORES DE CALDERAS DE VAPOR

1. Datos generales:

1.1 Edad _____ Grado de escolaridad actual _____

1.2 Profesión u oficio _____

1.3 Años de experiencia como operador de calderas _____ Forma en que aprendió el oficio _____

1.4 Estudia actualmente _____ Qué curso _____

2. Formación profesional:

2.1 Mencione las actividades que realizaba en sus dos empleos anteriores: _____

2.2 Actualmente además de operar la caldera de vapor qué otras actividades le corresponden: _____

2.3 Qué conocimientos posee sobre las siguientes áreas de las calderas:

a) *Operación de Calderas:*

Principios de operación

Receptáculo de presión

Secuencia de operación

Arranque y operación

Ajustes

2.5? En qué puntos necesita orientación para un adecuado manejo de las calderas?

2.4? Actualmente se atreve a manejar toda la caldera, a limpiarla y controlar los niveles de presión y temperatura correspondientes?

Conocimientos sobre las formas de acondicionamiento del agua para uso industrial
Problemas que ocasiona el agua en las calderas
Características de un adecuado tratamiento de aguas
Conocimiento sobre la determinación de los exámenes de laboratorio y análisis de los mismos
Familiaridad con el glosario de términos utilizados en el tratamiento de agua.

c) *Tratamiento de aguas para calderas:*

Conocimiento de métodos para mejorar la eficiencia de las calderas
Factores de decisión para determinar el reemplazo o reparación de la caldera
Conocimiento de análisis de comparación de eficiencias
Manejo de cuadros y gráficas sobre el rendimiento de los combustibles

b) *Manejo de eficiencias de calderas:*

Corrección de problemas de interrupción
Inspección y mantenimiento
Conocimientos sobre la forma de indicar los repuestos

2.6 ¿Ha visto trabajar a las empresas que dan mantenimiento a las calderas?_____ ¿Piensa que esa tarea la podría realizar usted?_____ ¿Qué necesitaría para ello?_____

2.7 ¿Ha participado en cursos de capacitación, cuáles han sido y donde se han desarrollado?

2.8 ¿Qué piensa sobre lo que recibió, en qué le ha servido?_____

Guión para entrevista No. 2:

GERENTES DE MANTENIMIENTO

1. Información general

1.1 ¿Cuál es el uso que le dan al vapor dentro de la empresa?

1.2 ¿Qué tamaño y tipo de caldera posee? _____

1.3 ¿Posee un empleado exclusivo para el trabajo de operación de calderas, _____ ¿Por qué? _____

2. Aspectos técnicos sobre la operación de calderas de vapor

2.1 ¿Qué trabajo desarrolla el operador de caldera de vapor en su empresa? _____

2.2 ¿Con qué periodicidad contrata los servicios de las empresas de soporte técnico para el mantenimiento de la caldera? _____
¿Qué servicios suele solicitar? _____

2.3 ¿Respecto a la operación de calderas, qué problemas se registran con mayor frecuencia en su empresa? _____

2.4? Considera necesario capacitar a su operario de calderas de vapor para evitarse la contratación de servicios externos y lograr la independencia de las empresas de suministro? Por _____ que?

2.5? En general considera que los mecánicos de mantenimiento que posee, o que se encuentra en el mercado laboral, conocen sobre mantenimiento y operación de calderas? Si no es así, que conocimientos sobre calderas de vapor recomienda en la formación de mecánicos:

2.6? Existe alguna empresa que le brinda este tipo de capacitación a sus operarios? _____? Cual es?

2.6? Cuáles son los problemas frecuentes que se le presentan en el área de calderas?

2.7? Cuáles son los accidentes más comunes que podrían presentarse dentro del área de calderas y que por ende el operario debe de estar más atento?

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial
Tesis de graduación: Certificación profesional para operadores de calderas de vapor

Guión para entrevista No. 3:

EMPRESAS DE SOPORTE TÉCNICO Y SUMINISTRO DE EQUIPO

1. Datos generales de la empresa:

1.1 ¿Representa a alguna casa fabricante específica?_____ A cuál?

1.2 ¿En cuanto a calderas de vapor, qué servicios presta su empresa?:_____

1.3 ¿En qué año se inició la empresa?_____

1.4 Si cubre lugares del interior del país, mencione algunos departamentos y áreas de trabajo industrial (ingenios, fábricas de papel, alimenticias, etc.), en donde se aplican sus servicios:

2. Organización de la empresa:

2.1 ¿Cómo obtiene el personal adecuado para trabajos de calderas de vapor dentro del equipo de su empresa?

a) La empresa se encarga de su capacitación

b) Eligen personal ya con experiencia

c) Las personas se forman dentro de la empresa, pasando de aprendices a técnicos

d) ¿Qué resultados le ha resultado más eficientes, la contratación de personal empírico o personal preparado técnicamente en un instituto

2.2 ¿Qué supervisión o trabajos aconseja a sus clientes para mantener en óptimo funcionamiento las calderas de vapor?

2.3 ¿Ofrecen algún plan de capacitación para los operadores de calderas de sus clientes? ¿En qué consiste?

2.4 ¿Qué recomendaciones le daría a un Gerente de Mantenimiento para aprovechar al máximo el rendimiento de su caldera?

2.5 ¿Qué tipo de accidentes ha encontrado en la operación de calderas y cuáles han sido sus causas y consecuencias?