

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE VAPOR DEL
HOSPITAL DE NIÑOS “BACA ORTIZ”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

JUAN GIOVANNY BERRONES GALARZA

maju2382@gmail.com

CHRISTIAN GIOVANNY PONCE BENAVIDES

christianponce_b@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. ORWIELD GUERRERO

orwield.guerrero@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, JUAN GIOVANNY BERRONES GALARZA y CHRISTIAN GIOVANNY PONCE BENAVIDES, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Juan Giovanni Berrones Galarza

Christian Giovanni Ponce Benavides

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por JUAN GIOVANNY BERRONES GALARZA y CHRISTIAN GIOVANNY PONCE BENAVIDES, bajo mi supervisión.

ING. ORWIELD GUERRERO
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. ADRIÁN PEÑA
COLABORADOR

ING. JORGE ESCOBAR
COLABORADOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por darme sabiduría y la fortaleza necesaria para culminar mi etapa universitaria finalizando este trabajo y así sean beneficiados muchas personas.

Agradecimiento especial al Ing. Orwield Guerrero que ha sido una guía esencial y además por ser una persona que me ha brindado su amistad y consejos, que recordare toda la vida.

A todo el personal del Hospital de Niños “BACA ORTIZ” en especial al área de mantenimiento liderada por el Ing. Alex Vega, quien nos brindó apertura y apoyo en todo momento.

Agradezco a toda mi familia y amigos, como es el Grupo Búfalos Mojados y a los Huarohumas de mi promoción por el empuje a culminar mis metas.

Juan

Agradezco a Dios por guiarme en el buen camino, para culminar mi etapa universitaria.

Agradecimiento incondicional a la Escuela Politécnica Nacional por ser la escuela de mi vida, asimismo una especial gratitud a los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica por llenarme de su sabiduría.

Al Ing. Orwield Guerrero por ser un guía, un tutor y así concediendo sus conocimientos y experiencia para culminar el proyecto de titulación.

Al Hospital de Niños “Baca Ortiz”, en especial al departamento de mantenimiento por ofrecernos sus experiencia y además proveernos su ayuda en las inquietudes que nos permita desarrollar el proyecto de tesis.

Christian

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de titulación, a mis padres Juan Manuel y Elena Inés siempre he respetado y quienes han sido mi motivación cada día de mi vida viéndome ahora culminar mi carrera, así también a mi hermana Anita Thalia y Danny, es una muestra que todo es posible con entrega y sacrificio.

Dedico este trabajo a una persona especial en mi vida me brindo apoyo moral y sentimental, ya que ella es el motivo que me ha hecho soñar un futuro merecedor de felicidad, Te Amo gordita Jennifer Romero.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica EPN.

Juan

Dedico la presente tesis a mis padres y hermanos por ser el apoyo incondicional para finalizar mis estudios universitarios.

A mis esposa Sandra Castro por ser el pilar principal en mi vida y brindarme su apoyo y amor en todo momento.

A mi hija Paula Ponce por ser mi felicidad e inspiración para culminar mis estudios y brindarle un futuro prometedor.

A mis abuelitos por ser el apoyo moral en mi vida que influyeron en el desarrollo de mi vida.

Christian

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V

CAPITULO I

1 ASPECTOS GENERALES DEL HOSPITAL	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 MISIÓN	3
1.3 VISIÓN	3
1.3.1 ESTILO ADMINISTRATIVO Y MANEJO DEL HOSPITAL.	3
1.3.1.1 Dirección:	3
1.3.1.2 Dirección Médica:	3
1.3.1.3 Asesoría Jurídica:	4
1.3.1.4 Auditoría Médica:	4
1.3.1.5 Comunicación Social y Relaciones Públicas:.....	4
1.3.1.6 Dispensario Anexo IESS:.....	4
1.3.1.7 Docencia e Investigación:	4
1.3.1.8 Financiero:	4
1.3.1.9 Gestión de Servicios Institucionales:	5
1.3.1.10 Recursos Humanos:.....	5
1.3.1.11 Servicios Generales:	5
1.3.1.12 Unidad de Seguros y SOAT:.....	5
1.3.1.13 Mantenimiento:	5
1.4 GENERALIDADES	6
1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.	6

1.4.1.1	Sistema de distribución del vapor.....	7
1.5	CALDERA.....	7
1.5.1	TIPOS DE CALDERAS	7
1.5.1.1	Calderas pirotubulares.....	7
1.5.1.1.1	<i>Calderas pirotubulares de un paso.....</i>	<i>8</i>
1.5.1.1.2	<i>Calderas pirotubulares de múltiples pasos.....</i>	<i>9</i>
1.5.1.2	Calderas de agua o acuotubulares	10
1.5.1.3	Sistema de retorno de condensados.....	11
1.6	TRAMPAS DE VAPOR	12
1.6.1	TRAMPAS MECÁNICAS.....	13
1.6.1.1	Trampa de flotador libre	14
1.6.1.2	Trampa de flotador y palanca	15
1.6.1.3	Trampas de balde:	16
1.6.1.3.1	Trampa de balde abierto.....	16
1.6.1.3.2	Trampa de balde invertido:	17
1.6.2	TRAMPAS TERMODINÁMICAS	18
1.6.3	TRAMPAS TERMOSTÁTICAS.....	19
1.6.3.1	Trampas tipo Termostáticas de Presión Balanceada:.....	19
1.6.3.2	Trampas Termostáticas tipo Bimetálicas:	20
1.6.4	CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	21
1.6.4.1	Factor de Seguridad.....	22

CAPITULO II

2	AUDITORIA ENERGETICA PARA EL HOSPITAL “BACA ORTIZ”.....	24
2.1	INTRODUCCIÓN.....	24
2.2	AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	25
2.2.1	TIPOS DE AUDITORÍA DE ENERGÍA	25
2.2.1.1	Auditoría Preliminar.....	25
2.2.1.2	Grado de inversión de Auditoría	26

2.3	AUDITORIA ENERGETICA PRELIMINAR HOSPITAL DE NIÑOS “BACA ORTIZ”	27
2.3.1	DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE VAPOR	27
2.3.2	SISTEMA DE VAPOR	27
2.3.2.1	Sistema de abastecimiento	27
2.3.2.1.1	Caldera	27
2.3.2.1.2	Distribuidor de Vapor	29
2.3.2.2	Vapor para usos en esterilización de equipos (quirófano).	32
2.3.2.3	Vapor para usos en lavandería-secado.	34
2.3.2.4	Vapor para usos en la cocina.....	39
2.3.2.5	Vapor para fines en fisioterapia.	41
2.3.2.6	Vapor para tanques de almacenamiento de agua.	42
2.3.2.7	Tanque de condensado.	44
2.3.2.8	Sistema de purgación del agua.....	46
2.3.2.9	Tuberías.....	47
2.3.2.9.1	Dimensiones de la tubería y otros elementos.....	47
2.3.2.9.2	Condiciones actuales de la tubería y otros elementos.....	47
2.3.2.10	Aislante	50
2.3.2.10.1	Condiciones actuales de la fibra de vidrio	50
2.3.2.11	Estado de las Trampas de Vapor del Sistema	51
2.3.2.11.1	Análisis de condiciones exteriores de la trampa de Vapor	52
2.3.2.12	Sistema de combustión.....	53
2.3.2.13	Energía utilizada	55
2.4	INFORME DE LA AUDITORÍA PRELIMINAR	56
2.4.1	CALDERA Y CHIMENEA	56
2.4.2	TUBERÍAS DE VAPOR Y CONDENSADO	56
2.4.3	ACCESORIOS DE TUBERÍA.....	56
2.4.4	ABLANDAMIENTO DE AGUA.....	57

2.4.5	VAPOR FLASH	57
2.4.6	TRAMPAS DE VAPOR	57

CAPITULO III

3	AUDITORIA ENERGETICA DETALLADA HOSPITAL DE NIÑOS “BACA ORTIZ”	58
3.1	AUDITORÍA DETALLADA	58
3.2	CÁLCULO DE PERDIDAS.....	58
3.2.1	PÉRDIDAS POR RADIACIÓN Y CONVECCIÓN EN LA SUPERFICIE DE LA CALDERA Y CHIMENEA	58
3.2.1.1	Cálculo de pérdidas en la caldera.....	60
3.2.1.2	Pérdidas de calor en tuberías de distribución y retorno de vapor.....	62
3.2.1.2.1	Cálculo diámetro aislado, d_a (m):.....	62
3.2.1.2.2	<i>Cálculo del Coeficiente de Transferencia de Calor por Convección desde la superficie aislada hacia el ambiente, h_c (W/m^2K):</i>	<i>62</i>
3.2.1.2.3	<i>Cálculo de coeficiente de transferencia de calor por radiación, h_r (W/m^2K):</i>	<i>63</i>
3.2.1.2.4	<i>Cálculo de coeficiente global de transferencia de calor, h_s (W/m^2K):</i>	<i>63</i>
3.2.1.2.5	<i>Cálculo del flujo de calor, q (W/m):.....</i>	<i>64</i>
3.2.1.3	Pérdidas en la tubería de distribución de vapor	64
3.2.1.3.1	<i>Tanques de almacenamiento de agua caliente para sanitarios</i>	<i>64</i>
3.2.1.3.2	<i>Tanques de almacenamiento de agua caliente para lavadoras.....</i>	<i>65</i>
3.2.1.3.3	<i>Cocina</i>	<i>66</i>
3.2.1.3.4	<i>Cuarto de lavado, secado y planchado.....</i>	<i>66</i>
3.2.2	PÉRDIDAS TOTAL EN TUBERÍAS.....	70

3.2.3	CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CALOR EN LAS TRAMPAS DE VAPOR.....	71
-------	---	----

CAPITULO IV

4	FORMULACIÓN DE EFICIENCIA, PRUEBAS Y RESULTADOS.	75
4.1	FORMULACIÓN DE EFICIENCIA Y PÉRDIDA EN LA CALDERA.	75
4.1.1	EFICIENCIA DE LAS CALDERAS	75
4.1.1.1	Método directo	76
4.1.1.2	Método indirecto	77
4.1.1.3	Calor que sale con el vapor	77
4.1.1.4	Calor suministrado por el combustible	78
4.1.1.5	Poder calorífico	78
4.1.1.6	Poder calorífico bruto (PCB)	78
4.1.1.7	El poder calorífico neto (PCN)	78
4.1.2	CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE CALOR.....	78
4.1.2.1	Pérdidas de humos	79
4.1.2.2	Pérdidas de calor en gases de combustión	79
4.1.2.3	Pérdidas por radiación	80
4.1.2.4	Pérdidas en purgas.....	81
4.1.2.5	Cálculos de pérdidas:.....	82
4.1.2.5.1	<i>Pérdidas de los humos</i>	<i>82</i>
4.1.2.5.2	<i>Pérdidas de calor en gases de combustión</i>	<i>83</i>
4.1.2.5.3	<i>Pérdidas por radiación.....</i>	<i>83</i>
4.1.2.5.4	<i>Pérdidas por purgas</i>	<i>83</i>
4.1.2.6	Vectores energéticos	84
4.1.2.6.1	<i>Consumo específico</i>	<i>84</i>
4.1.3	Costos de generación de vapor.....	85

4.1.4	PROPUESTAS DE MEJORA.....	88
4.1.4.1	Instalación del sistema de recuperación de vapor “flash”.	88
4.1.4.1.1	<i>Selección del tanque de vapor “flash” proveniente de la purga</i>	<i>89</i>
4.1.4.2	Cálculo de la cantidad de purga.....	90
4.1.4.3	Selección del tanque de vapor “flash” proveniente del condensado.	92
4.2	ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO	94
4.2.1	INVERSIÓN EN MATERIALES Y EQUIPO.....	94
4.2.1.1	Costo de inversión del tanque del vapor flash proveniente de la purga.....	94
4.2.1.2	Costo de inversión del tanque del vapor flash proveniente de la tubería de retorno.....	95
4.2.1.3	Costo de inversión de tuberías y accesorios del sistema de vapor.	95
4.2.1.4	Inversión total de los cambios a realizarse en el sistema de retorno y condensado en el hospital.	96
4.2.2	RECUPERACION DE LA INVERSION	96
4.2.2.1	Calculo del VAN, TIR.	97
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
5.1	CONCLUSIONES	100
5.2	RECOMENDACIONES.....	101

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.1	Características de las trampas de vapor	23
Tabla 2.1	Características de las trampas de Vapor.....	52
Tabla 2.2	Energía Utilizada	55
Tabla 3.1	Temperatura superficial en el Caldero.....	59
Tabla 3.2	Sectores de consumo de vapor.....	70

Tabla 3.3 Sectores de consumo de vapor.....	71
Tabla 3.4 Trampas de vapor existentes en área de planchado.....	72
Tabla 4.1 Eficiencia típica de calderas según PCS.....	76
Tabla 4.2. Costos del combustible en el Ecuador	86
Tabla 4.3 Propiedades del Diesel.....	86
Tabla 4.4 Costo anual por pérdidas de energía	88
Tabla 4.5 Costos del tanque de vapor flash proveniente de la purga e instalación de accesorios.....	94
Tabla 4.6 Costos del tanque de vapor flash proveniente de la tubería de retorno	95
Tabla 4.7 Costos de tubería y accesorios e instalación	96
Tabla 4.8 Inversión total	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Hospital de Niños Baca Ortiz	2
Figura 1.2. Sistema de generación y distribución de vapor.....	6
Figura 1.3. Caldera pirotubular.....	8
Figura 1.4. Caldera pirotubular de un paso.....	9
Figura 1.5. Caldera de Lancashire.....	10
Figura 1.6. Caldera acuotubulares.....	11
Figura 1.7. Trampas mecánicas.....	13
Figura 1.8. Trampa de flotador libre.....	14
Figura 1.9. Trampa de flotador y palanca.....	16
Figura 1.10. Trampa de balde abierta	17
Figura 1.11. Trampa de balde invertido.....	18
Figura 1.12. Trampa termodinámica	19
Figura 1.13. Trampas termostáticas de presión balanceada.....	20
Figura 1.14. Trampas termostáticas bimetálicas.....	21
Figura 1.15. Capacidad de descarga	22
Figura 2.1. Caldera FULTON	28
Figura 2.2. Distribuidor de vapor.....	29

Figura 2.3. Distribuidor de vapor.	30
Figura 2.4. Válvula de entrada al distribuidor de vapor.	31
Figura 2.5. Esterilizador GETINGE y AMSCO.....	33
Figura 2.6. Válvula de apertura.	33
Figura 2.7. Retorno de condensado esterilizador AMSCO.....	34
Figura 2.8. Lavadoras UNIMAC	35
Figura 2.9. Tuberías de abastecimiento y retorno de condensado para lavadoras	35
Figura 2.10. Lavadora SHAPHADEX	36
Figura 2.11. Secadoras CISELL.....	36
Figura 2.12. Sistema de abastecimiento y retorno de condensado para secadoras	37
Figura 2.13. Rodillo planchador.....	38
Figura 2.14. Tuberías internas y de abastecimiento rodillo de vapor	38
Figura 2.15. Fuga de vapor tuberías internas del rodillo planchador.....	39
Figura 2.16. Marmita SADECA.....	40
Figura 2.17. Fugas de vapor y corrosión de las tuberías (Marmita)	41
Figura 2.18. Sistema de calentamiento de la piscina	42
Figura 2.19. Tanque de abastecimiento sanitario.....	43
Figura 2.20. Tanque de abastecimiento lavandería	44
Figura 2.21. Tanque de condensado.....	45
Figura 2.22. Sistema de purgación.....	47
Figura 2.23. Tuberías sin y con aislante deteriorado.....	48
Figura 2.24. Corrosión en juntas y uniones	49
Figura 2.25. Corrosión en válvulas.....	50
Figura 2.26. Condiciones de la lana de vidrio.....	51
Figura 2.27. Trampa de vapor termodinámica.....	52
Figura 2.28. Trampa de vapor de balde invertido.....	53
Figura 2.29. Tanque de almacenamiento de combustible.....	54
Figura 2.30. Sistema de distribución de combustible	54
Figura 2.31. Piso por debajo del tanque de almacenamiento	55
Figura 4.1. Costo asociado a la generación de vapor.	86
Figura 4.2. Diagrama de tasa de purga y presión de la caldera	89

Figura 4.3. Accesorios en el tanque y en el intercambiador de calor	91
Figura 4.4. Dimensiones del tanque de re vaporización.....	91
Figura 4.5. Diámetro vs cantidad de vapor flash	92
Figura 4.6. Esquema de la instalación del tanque de re vaporización.....	93

GLOSARIO

BTU (British thermal unit)

La cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de una libra de agua en un **grado Fahrenheit**.

Calor latente

Energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización).

Conducción

Es el fenómeno consistente en la propagación de calor entre dos cuerpos o partes de un mismo cuerpo a diferente temperatura debido a la agitación térmica de las moléculas, no existiendo un desplazamiento real de éstas.

Coefficiente de transmisión de calor

Es la relación entre la cantidad de calor que atraviesa, durante la unidad de tiempo, una pared de separación entre 2 fluidos a diferente temperatura y el producto de la superficie de la pared por el desnivel o salto térmico. Se expresa en kcal/h m² °C.

Convección

Es la transmisión de calor por movimiento real de las moléculas de una sustancia. Este fenómeno sólo podrá producirse por movimiento natural (diferencia de densidades) o circulación forzada (con la ayuda de ventiladores, bombas, etc.) puedan las partículas desplazarse transportando el calor sin interrumpir la continuidad física del cuerpo.

Ebullición

Es el proceso físico en el que un líquido pasa a estado gaseoso.

Kilo Caloría

Unidad de trabajo o energía igual a la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua en un grado centígrado (de 14.°C a 15°C), a la presión de la atmósfera y a nivel del mar.

Calor

Es el proceso de transferencia de energía entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas.

Densidad

Se define como la masa por unidad de volumen.

Energía

Es la capacidad para producir cambios.

Líquido Saturado

Se dice que el líquido está saturado si al agregar energía (calor), una fracción de él pasa a la fase vapor. Esta por suceder un proceso de cambio de fase, de líquido y vapor.

Líquido Sub-enfriado

Se da cuando la temperatura es más baja que la de saturación.

Masa

Es la cantidad de materia considerada en un cuerpo.

Presión

Cuando se trata de gases o líquidos se define como la fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de superficie.

Radiación

La radiación es la transmisión de calor entre dos cuerpos los cuales, en un instante dado, tienen temperaturas distintas, sin que entre ellos exista contacto ni

conexión por otro sólido conductor. Es una forma de emisión de ondas electromagnéticas (asociaciones de campos eléctricos y magnéticos que se propagan a la velocidad de la luz) que emana todo cuerpo que esté a mayor temperatura que el cero absoluto.

Sistema

En Termodinámica se define como la cantidad de materia de masa fija sobre la cual se enfoca la atención para su estudio.

Sistema abierto (volumen de control)

Es una región elegida apropiadamente en el espacio limitada por una superficie de control a través de la cual pueden pasar la energía y la materia.

Sistema cerrado (masa de control)

Consta de una cantidad de masa fija y ninguna otra puede cruzar su frontera.

Transferencia de calor

La Transferencia de calor, en física, proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción.

Vapor

Fluido gaseoso cuya temperatura es inferior a su temperatura crítica. Su presión no aumenta al ser comprimido, sino que se transforma parcialmente en líquido; p. ej., el producido por la ebullición del agua.

Volumen

El volumen es una magnitud escalar definida como el espacio ocupado por un objeto.

NOMENCLATURA

A	Área [m ²]
Be	Gasto del combustible [Kg/h]
CE	Consumo específico de combustible
d	Diámetro del orificio
Dext.	Diámetro exterior
Dp	Gasto del agua extraída
Esp	Espesor del material aislante
Emss	Emisividad de la superficie aislada
K	Coeficiente de resistencia
h	Entalpia del agua a la temperatura del sistema
haa	Entalpia del agua de alimentación [KJ/Kg]
hls	Entalpia del agua de la caldera [KJ/Kg]
hvf	Entalpia del sistema donde se fuga el vapor [KJ/Kg]
^{vapor}	Entalpia de vapor [KJ/Kg]
Io	Valor del desembolso inicial de la inversión
Kais	Conductividad térmica del termoaislante
L	Longitud
^{Y^comb}	Consumo de combustible [Kg/h]
^{^vapor}	Flujo de vapor [Kg/h]
N	Número de periodos
Ng	Eficiencia de la caldera
P	Presión
PCI	Poder calorífico inferior del combustible [KJ/Kg]
PCS	Poder calorífico superior del combustible [KJ/Kg]
Q	Caudal del orificio
Q1	Calor útil
q3	Calor perdido en las purgas
Qd	Calor disponible
Qp	Sumatoria de pérdidas térmicas
Qvf	Calor perdido en la trampa de vapor
T	Temperatura del vapor en la línea de tubería
Ta	Temperatura ambiente
Tg	Temperatura de los gases de escape
TIR	Tasa interna de retorno
Top	Temperatura de operación
Tsup.	Temperatura supuesta de la superficie
V	Velocidad del viento
Vt	Representa los flujos de caja en cada periodo t
VAN	Valor actual neto
Wvf	Vapor que se fuga

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la eficiencia del sistema de vapor del Hospital de Niños “Baca Ortiz”.

El **Primer Capítulo** describe la ubicación, misión y servicios que presta el Hospital a la comunidad. Se realiza una introducción sobre el funcionamiento de las calderas y las trampas de vapor.

El **Segundo Capítulo** se estudia la auditoría energética preliminar que refiere a las características y observaciones de las máquinas, tuberías, trampas de vapor y accesorios.

El **Tercer Capítulo** estudia la auditoría energética detallada, se realiza toma de datos, cálculo de las pérdidas en tuberías, trampas de vapor, y accesorios.

El **Cuarto Capítulo** procede al cálculo de la eficiencia actual en el sistema de vapor, las reparas que se pueden realizar, el diseño de los tanques de vapor y el estudio financiero para ver si es aplicable los cambios necesarios.

El **Quinto Capítulo** se obtiene las recomendaciones y conclusiones de los resultados y observaciones realizadas.

PRESENTACIÓN

El proyecto tiene por objeto la realización de una “AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE VAPOR DEL HOSPITAL DE NIÑOS “BACA ORTIZ””.

La Auditoría energética constituye un medio para mejorar la eficiencia energética en el hospital, de forma que permitirá detectar que elementos del sistema energético están afectados, identificando las posibles potenciales de ahorro energético que tienen a su alcance y analizando la viabilidad técnica y económica.

Se plantea alternativas, como mejorar el sistema de condensación y retorno con el cambio de sus elementos en malas condiciones, para disminuir el gasto de combustible, en beneficio del hospital y del problema ambiental por las emisiones, dichos cambios son seleccionados de acuerdo a las exigencias requeridas según las normas.

Las conclusiones que se pueden obtener de este tipo de estudio, permitirán descubrir procesos ineficientes, generar y evaluar acciones correctivas, y desarrollar mecanismos de control y seguimiento de éstas acciones.

CAPITULO I

1 ASPECTOS GENERALES DEL HOSPITAL.

En éste capítulo se establece la visión, misión y antecedentes del Hospital. Se indica los principios generales de la generación del vapor, los mecanismos de Transferencia de Calor así como el funcionamiento de los accesorios utilizados en el sistema de vapor.

1.1 ANTECEDENTES

El Hospital de Niños Baca Ortiz fue fundado 14 de julio de 1948 y se constituye el uno de los referentes hospitalarios en especialidades del Ecuador. En 63 años, el hospital pediátrico Baca Ortiz se ha consolidado como el principal centro de servicio público de salud infantil del Ecuador, lo que ha originado un compromiso muy particular con la comunidad. De ésta forma, en 1948, gracias al aporte generoso de los esposos Héctor Baca y Dolores Ortiz, quienes donaron la casona y el predio, se inicia la atención a los niños y niñas más necesitados del país. En las seis décadas en las que ésta casa salud ha soportado diferentes transformaciones, ya sean físicas, estructurales, técnica, administrativas, etc., para dar cobertura y solución a las demandas de los usuarios tanto interno como externo.



Figura 1.1. Hospital de Niños Baca Ortiz

Fuente: <http://www.hbo.gob.ec/hbo/filosofia-organizacional>

El hospital de Niños “Baca Ortiz”, tiene 60 años de otorgar servicio médico a la infancia del Ecuador, convirtiéndose en un centro especializado de referencia nacional. Alrededor de 140 000 niños y niñas, provenientes de todas las provincias del país, son atendidos anualmente en sus distintos servicios.

Está equipado con tecnología especializada para atender a niñas y niños. En sus inicios contaba con un total de 20 camas; en la actualidad, esta casa de salud tiene capacidad para 300 camas. Su promedio de 700 consultas de niñas y niños entre 0-15 años, con diferentes diagnósticos clínicos y patologías, mismas que son atendidas eficientemente por el personal médico.

Brinda una atención con altos estándares de calidad, esta casa de salud ha sido diseñada y estructurada específicamente para adaptarse a las necesidades de salud de las niñas y niños del país.

Cuenta con instalaciones permanentes donde trabajan médicos y enfermeros, además de administrativos, personal técnico y otros con lo cual ofrece gran variedad de servicios. Sus funciones principales son la medicina preventiva y

social, además de las tradicionales de diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Su misión y Visión son:

1.2 MISIÓN

El Hospital Pediátrico Baca Ortiz es una Unidad de Tercer nivel del Ministerio de Salud Pública que brinda atención médica infantil en prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, con alta calidad profesional, ética, calidez y humanismo.

1.3 VISIÓN

El Hospital Pediátrico Baca Ortiz será líder nacional en atención médica en todas las especialidades pediátricas, con atención de la más alta calidad, por poseer talento humano de excelencia académica y tecnología de vanguardia.

1.3.1 ESTILO ADMINISTRATIVO Y MANEJO DEL HOSPITAL.

El organigrama donde están definidas las responsabilidades que tiene cada persona, lo que influye de manera positiva en el manejo general del hospital, especialmente en el manejo del mantenimiento. El organigrama del hospital se lo describe en el anexo E.

1.3.1.1 Dirección:

Mantener funcionarios informados sobre el hospital (condiciones, operación). Informar a los funcionarios nuevos procedimientos, metas, políticas, etc. Establecer mecanismos para retro-alimentación sobre las reacciones (de los comunicados).

1.3.1.2 Dirección Médica:

Conducir la atención pediátrica especializada, de conformidad a la misión y objetivo de la institución. Planear, coordinar, dirigir y supervisar las funciones asignadas a las Subdirecciones de Medicina, Cirugía, Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento, Consulta Externa y Medicina Crítica. Proponer a la Dirección General los programas operativos de la atención médica – quirúrgica

de las diversas especialidades pediátricas, así como vigilar y supervisar el cumplimiento a fin de garantizar su eficiencia.

1.3.1.3 Asesoría Jurídica:

Área encargada de dar soporte legal y controlar el cumplimiento de la ley en las actividades que se realiza en el Hospital.

1.3.1.4 Auditoría Médica:

Es el análisis crítico sistemático de la calidad de la atención médica, incluyendo procedimientos diagnósticos y decisiones terapéuticas, el uso de recursos y los resultados de los mismos que repercutan en los desenlaces clínicos y en la calidad de vida del paciente

1.3.1.5 Comunicación Social y Relaciones Públicas:

Encargados de crear estrategias y herramientas de comunicación para dar mayor accesibilidad a la información adecuada dentro y fuera del Hospital, permitiendo que la problemática de la salud de los niños sea accesible.

1.3.1.6 Dispensario Anexo IESS:

Provee atención médica a todos los trabajadores de la institución, a través de una gestión integral, humana y efectiva en promoción, prevención, fomento, rehabilitación y cuidados

1.3.1.7 Docencia e Investigación:

Estructura, norma, implementa, asesora, supervisa y evalúa todas las actividades académicas y de Investigación que se realizan con profesionalismo en esta entidad.

1.3.1.8 Financiero:

Administramos los recursos económicos con excelencia, para contribuir al logro de los objetivos institucionales y del buen vivir, garantizando a los usuarios calidad, oportunidad y equidad en la atención.

1.3.1.9 Gestión de Servicios Institucionales:

Coordinación diaria con los Subprocesos de: Bodega Central, Mantenimiento, Inventarios y Adquisiciones, para atender los requerimientos del Hospital con la debida oportunidad, a beneficio de los pacientes internos y externos como también de los funcionarios y trabajadores.

1.3.1.10 Recursos Humanos:

Provisión, mantención, orientación, desarrollo y desvinculación del Talento Humano, en el ámbito individual y grupal, con el fin de optimizar la calidad de vida laboral de la institución y propender a un mejoramiento continuo y humanización de la atención al usuario interno, prestando servicios oportunos, con eficiencia, calidad y calidez.

1.3.1.11 Servicios Generales:

El departamento de Servicios Generales está encargado de cuatro áreas, que están relacionadas directamente con clientes internos y externos como son: información, seguridad, limpieza y parque automotor; nuestra misión es brindar confort y seguridad a todo el hospital.

1.3.1.12 Unidad de Seguros y SOAT:

Unidad generadora de ingresos propios del Hospital mediante la recuperación de valores económicos invertidos en los pacientes con referencia y tipificados como emergencia, que posean cobertura de los seguros IEES, ISFFA, ISSPOL y SOAT (víctimas de accidente de tránsito).

1.3.1.13 Mantenimiento:

El Departamento de Mantenimiento se encarga de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que requiera el hospital en materia de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones y equipos, así como la contratación de la obra externa necesaria para el fortalecimiento y desarrollo de las instalaciones físicas.

1.4 GENERALIDADES

El vapor de agua se utiliza para proporcionar energía térmica a los procesos de transformación, la distribución adecuada y el control de su consumo, tendrán un gran impacto en la eficiencia total de la planta. Esta situación se refleja en los costos de producción del vapor y en consecuencia en la competitividad y sustentabilidad de la empresa.

Este requerimiento energético demandado por la industria lo conforman principalmente los sistemas de combustión directa, como son los calentadores a fuego directo y calderas, donde estas últimas se utilizan para la generación de vapor, el cual se requiere para suministrar trabajo mecánico y calor a los procesos.

1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.

La figura 1.2 muestra un sistema de generación y distribución de vapor, cuyas partes principales se describen a continuación.

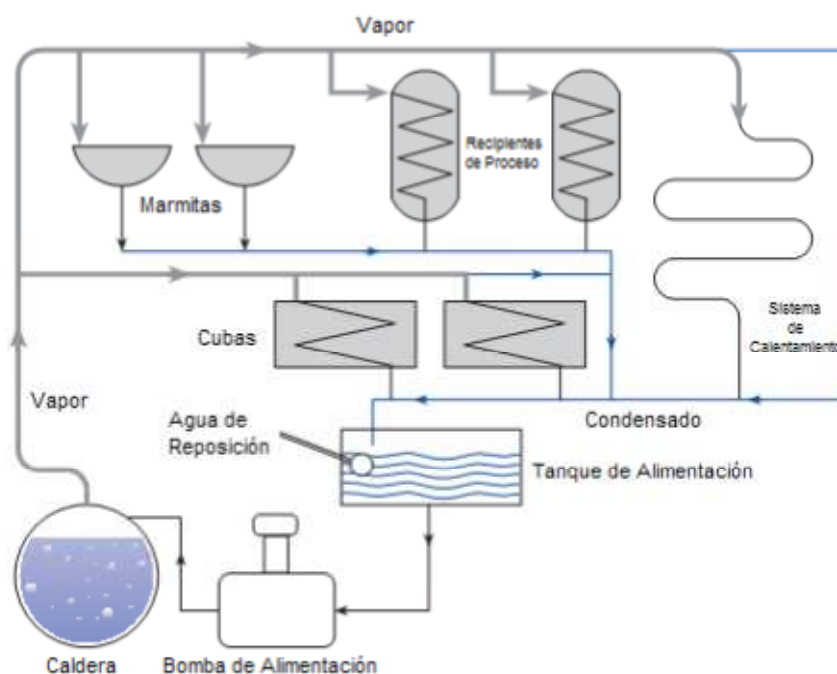


Figura 1.2. Sistema de generación y distribución de vapor.

Fuentes: SPIRAX SARCO

1.4.1.1 Sistema de distribución del vapor.

Serie de tubos denominados "cabezales y ramales de vapor", que permite llevar el vapor a los puntos donde el proceso lo requiere, con la calidad y en la cantidad demandada.

El sistema de distribución de vapor permite llevar el vapor en la cantidad y calidad requerida por el proceso. En éste sistema, es importante:

- Contar con buenos procedimientos de operación.
- Operar adecuadamente las trampas de vapor.
- Mantener aisladas las tuberías, equipos y dispositivos.
- Evitar las fugas de vapor
- Mantener una presión de vapor adecuada

1.5 CALDERA

La transferencia de calor se efectúa por el paso de los gases calientes de la combustión a través de tubos sumergidos en agua. El agua y el vapor están contenidos en una carcasa simple de forma cilíndrica, ejemplo: las calderas usadas en locomotoras a vapor y calderas en los barcos.

1.5.1 TIPOS DE CALDERAS

Las calderas se pueden clasificar en:

1. Tubos de agua o acuotubulares:
2. Tubos de humo o pirotubulares.

1.5.1.1 CALDERAS PIROTUBULARES

En ésta caldera la llama y los productos de la combustión pasan a través de los tubos y el agua rodea el hogar interno y los bancos de tubos. Manejan presiones de operación de 0-20 bares (0-300 PSIG). (ROSALER, 2002). Figura 1.3

Ventajas: Costo inicial menor debido a la simplicidad de su diseño, mayor flexibilidad de operación, menores exigencias de tratamiento de agua de alimentación, son pequeñas y eficientes.

Desventajas: Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento, no se deben usar para altas presiones.

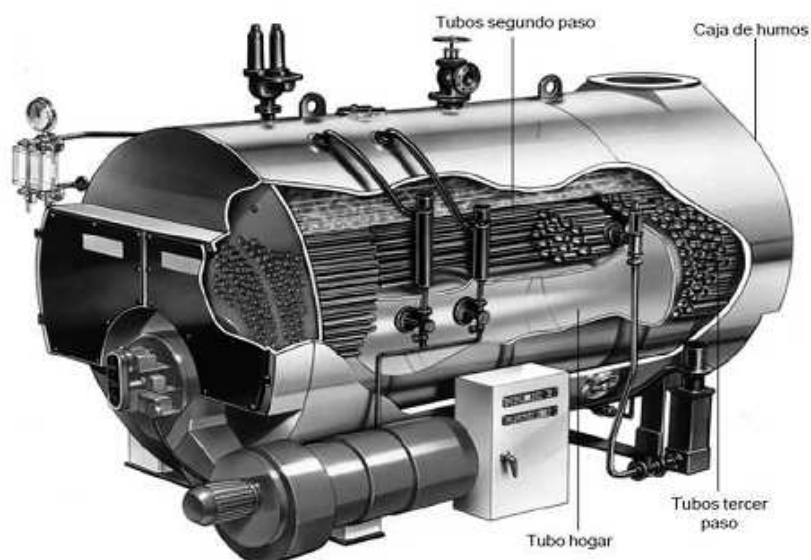


Figura 1.3. Caldera pirotubular

Fuente: VENAMET

Las calderas pirotubulares o de depósito como también se llaman, generalmente dónde forma cilíndrica y tienen una cámara de combustión con una relación mínima entre la longitud y el diámetro de 3:1¹.

Según Kohan, las calderas pirotubulares son las más utilizadas en el calentamiento de procesos y en aplicaciones industriales y comerciales.

Estas calderas se pueden subdividir en: de un solo paso o de múltiples pasos.

1.5.1.1.1 Calderas pirotubulares de un paso.

¹ SAXON, 2006

Estas calderas tienen un conjunto de tubos de humo que las atraviesan desde el principio hasta el final como se observa en la figura 1.4, con los quemadores al principio y la chimenea al final de estos, los tubos pueden ser colocados en la cámara de la caldera en forma vertical u horizontal. Los quemadores van montados dentro de cada tubo y normalmente en las calderas horizontales el tiro es forzado y en las verticales el tiro es natural. Estas calderas son diseñadas para quemadores de gas y tienen una producción de vapor de 36 Kg/h hasta 360 Kg/h. Las calderas verticales son comúnmente usadas para tintorería y en la fabricación de prendas de vestir.

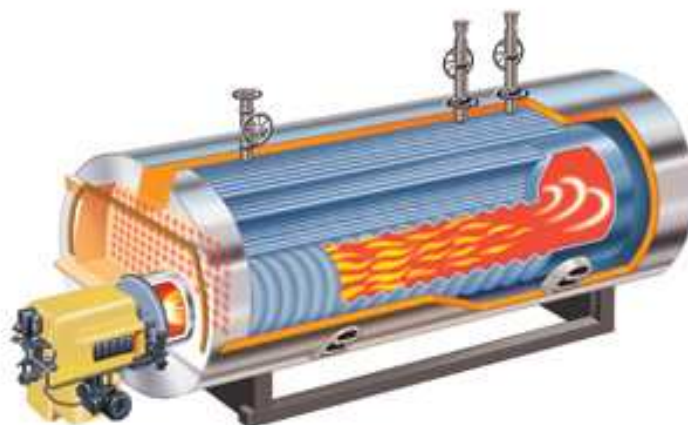


Figura 1.4. Caldera pirotubular de un paso.

Fuente: SAXON, 2006

1.5.1.1.2 Calderas pirotubulares de múltiples pasos.

Esta caldera usualmente tiene una sola cámara para la combustión principal, con un conjunto de tubos por donde pasan los gases calientes, tanto por el frente como por la parte de atrás de esta. Uno de los primeros diseños fue el de la caldera de Lancashire mostrada en la figura 1.5; fue originalmente diseñada para quemadores con carbón, pero luego fue convertida a gas natural. El rendimiento térmico de éste tipo de caldera generalmente es cerca de 73% – 77%.

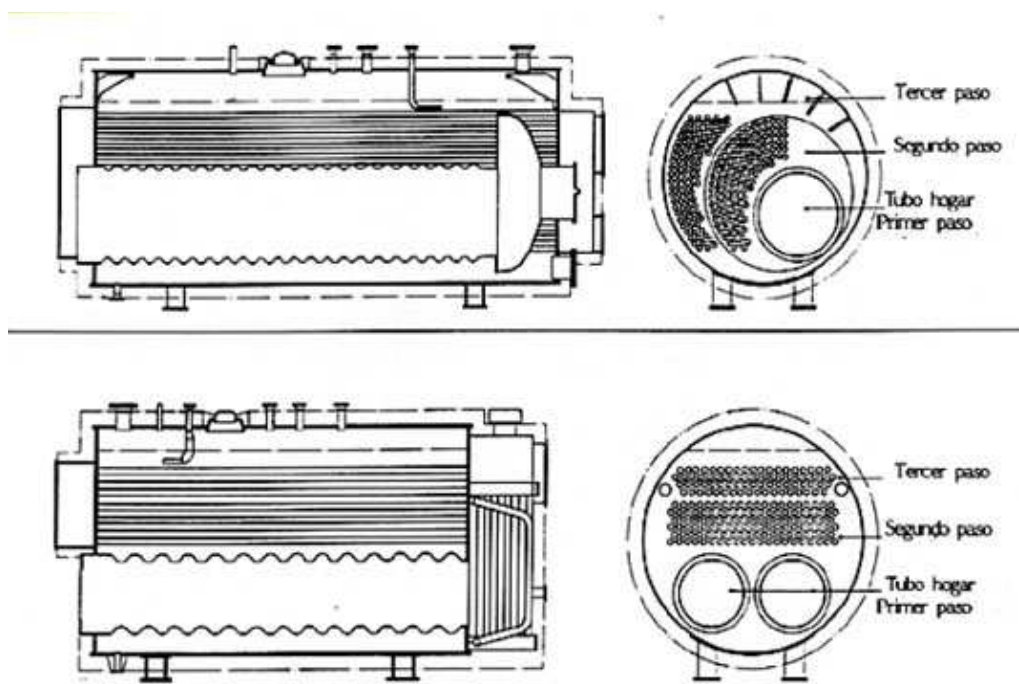


Figura 1.5. Caldera de Lancashire.

Fuente: SAXON, 2006

La cámara empacada moderna generalmente es de tres pasos, sino hay problemas de fugas de aire podría funcionar con eficiencias térmicas de 78% – 83%. El combustible puede ser petróleo, gas o dual. El vapor generado puede ser de hasta 31800 kg/h con presiones de hasta 18 bares. Las calderas de más de 16820 kg/h de salida generalmente tienen dos tubos de combustión.

1.5.1.2 CALDERAS DE AGUA O ACUOTUBULARES

En este tipo de unidad, los productos de la combustión rodean a los bancos de tubos y el agua circula por el interior de dichos tubos. Manejan presiones de operación de 0-150 bares (ROSALER, 2002). Figura 1.6.

Ventajas: Pueden ser puestas en marcha rápidamente y trabajan a 300 PSI o más.

Desventajas: Mayor tamaño y peso, mayor costo, debe ser alimentada con agua de gran pureza.



Figura 1.6. Caldera acuotubulares.

Fuente: MÁQUINAS

Estas son las grandes calderas de alta presión utilizadas para la generación de energía en la industria. Los gases calientes de los quemadores pasan alrededor de los bancos de tubos verticales que contienen el agua. Son de forma rectangular y los tubos están conectados a un tambor de agua en la parte inferior y aun colector de vapor en la parte superior. Normalmente hay un sobre calentador por encima de la cámara principal de combustión. Los productos son por lo general por encima de 20.000 kg/h. Debido a factores económicos, trabajan con carbón pulverizado o petróleo. Algunas han sido convertidas a gas, también pueden trabajar con dos quemadores de combustible.

1.5.1.3 Sistema de retorno de condensados.

Serie de tubos denominados "cabezales y ramales de condensado", que regresan parte del agua que se ha condensado en el proceso. Esta agua, de gran valor por su pureza, retorna al sistema de generación de vapor con un previo tratamiento. Es muy recomendable la instalación de éste sistema, ya que permite recuperar la mayor cantidad posible de condensados.

El sistema de distribución de vapor permite llevar el vapor en la cantidad y calidad requerida por el proceso. En éste sistema, es importante:

- Contar con buenos procedimientos de operación.
- Operar adecuadamente las trampas de vapor.

- Mantener aisladas las tuberías, equipos y dispositivos.
- Evitar las fugas de vapor.
- Mantener una presión de vapor adecuada.

1.6 TRAMPAS DE VAPOR

Una trampa de vapor es una válvula automática cuya misión es descargar condensado sin permitir que escape vapor vivo. La eficiencia de cualquier equipo o instalación que utilice vapor está en función directa de la capacidad de drenaje de condensado; por ello, es fundamental que la purga se realice automáticamente y con el diseño correcto.

Siendo las trampas de vapor la llave para optimizar el drenaje del condensado en los sistemas de vapor, éstas deben cumplir con tres funciones básicas:

- Drenar los condensados, manteniendo las condiciones de presión y temperatura del vapor requeridos en los procesos.
- Eliminar el aire y otros gases no condensables, pues el aire y los gases disminuyen el coeficiente de transferencia de calor. Se debe tener en cuenta que la presencia de oxígeno y bióxido de carbono son corrosivas en presencia de condensado
- Evitar pérdidas de vapor de alto contenido energético, así como agua del sistema.

Tomando como base su principio de operación, las trampas de vapor se clasifican en tres tipos básicos:

- Mecánica, cuya operación se basa en la diferencia de densidades del vapor y del condensado.
- Termodinámica, basada en el cambio de estado que sufre el condensado.
- Termostática, que opera por diferencia de temperatura entre el vapor y el condensado

1.6.1 TRAMPAS MECÁNICAS

Las trampas de vapor del tipo mecánico trabajan con la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado (ver figura 1.14).

La de flotador es una trampa donde la válvula y el asiento están normalmente inundados, por lo que no se pierde vapor a través de aquélla. Sin embargo, la trampa es relativamente grande y pierde calor suficiente por radiación.

Las trampas de balde invertido han mostrado pérdidas menores bajo condiciones de baja carga. Esto se debe a las pérdidas de vapor a través del orificio de venteo.

La trampa de flotador puede ser aislada para que no se afecte su operación.

El aislamiento de la trampa de cubeta invertida afectará su operación lentamente, lo cual en algunos casos puede ocasionar inundaciones; normalmente este tipo de trampas no se aíslan.

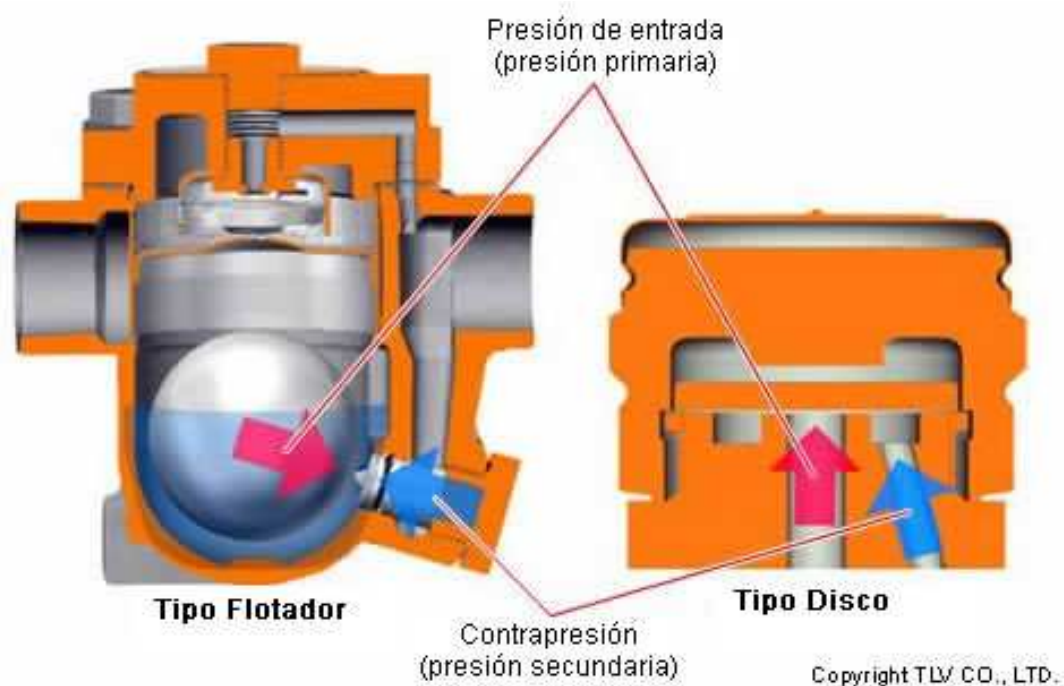


Figura 1.7. Trampas mecánicas.

Fuente: TLV

1.6.1.1 Trampa de flotador libre

Este tipo de trampa consta de una esfera hueca (flotador), en la que al ingresar el flujo de vapor, ésta se mantiene apoyada en un asiento. Cuando el vapor comienza a condensar, el nivel de agua hace subir a la esfera dejando libre el orificio de drenaje.

Una vez que el condensado disminuye, la esfera, que hace de válvula, retorna paulatinamente a su posición (en el asiento), tapando el orificio de salida causando así la mínima pérdida de vapor. Luego, el nuevo ciclo hará lo mismo, así que entonces el drenado es continuo.

Debido a que estas trampas no poseen partes mecánicas es muy poco probable que falle, el mantenimiento es prácticamente cero.

De la figura 1.15 se puede apreciar que la esfera flotadora es bastante grande en comparación con el orificio de drenaje, lo cual hace que sea difícil tener un buen asiento.

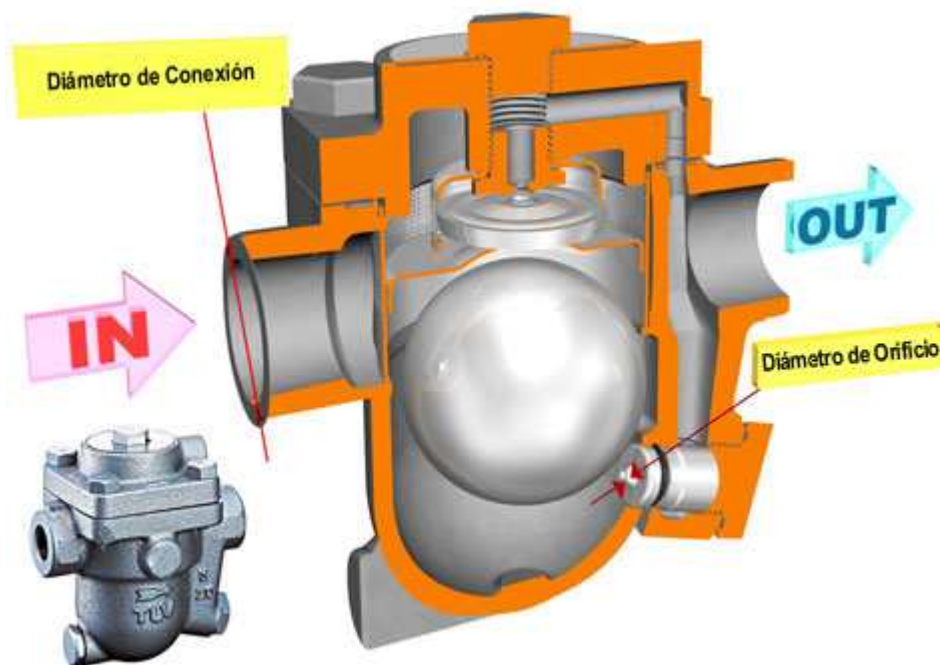


Figura 1.8. Trampa de flotador libre.

Fuente: TLV

1.6.1.2 Trampa de flotador y palanca

Este es un tipo muy parecido al mencionado anteriormente, donde entra el vapor al cuerpo de la trampa y al comenzar a condensar hace subir una esfera flotante como se observa en la figura 1.16; la diferencia con el anterior es que ahora la esfera está conectada a una palanca, la que a su vez está conectada con la válvula de salida o drenaje.

Así, cuando el nivel del condensado empieza a subir también lo hace la válvula de salida, la que gradualmente descargará el condensado.

Al igual que la trampa de flotador libre ésta mantiene una descarga continua del condensado.

Una vez terminada la descarga, el flotador baja y nuevamente se acomoda sobre un asiento, impidiendo así el escape del vapor.

Uno de los inconvenientes de la trampa de flotador y palanca, al igual que la trampa de flotador libre es que en ambas el aire que se mantiene dentro de la trampa no puede salir por la válvula de drenaje, por esto a veces se instala una válvula de escape del aire y gases no condensables en la parte superior de la trampa.

Entre algunas ventajas de éste tipo de trampa es el drenado, puede ir del mínimo al máximo de condensado con igual eficiencia sin verse afectado por los grandes cambios de presión.

Existe una variedad de ésta trampa, en vez de llevar una válvula manual que descargue el aire y gas no condensable posee una válvula automática (eliminador termostático de aire), la cual posee un elemento termostático que se dilata o contrae según la temperatura del fluido; se dilata y cierra el orificio de salida cuando el vapor llega, y se contrae y abre una vez que se ha producido el condensado. Luego cuando tenga aire nuevamente, éste se irá a la parte superior y automáticamente se descargará.

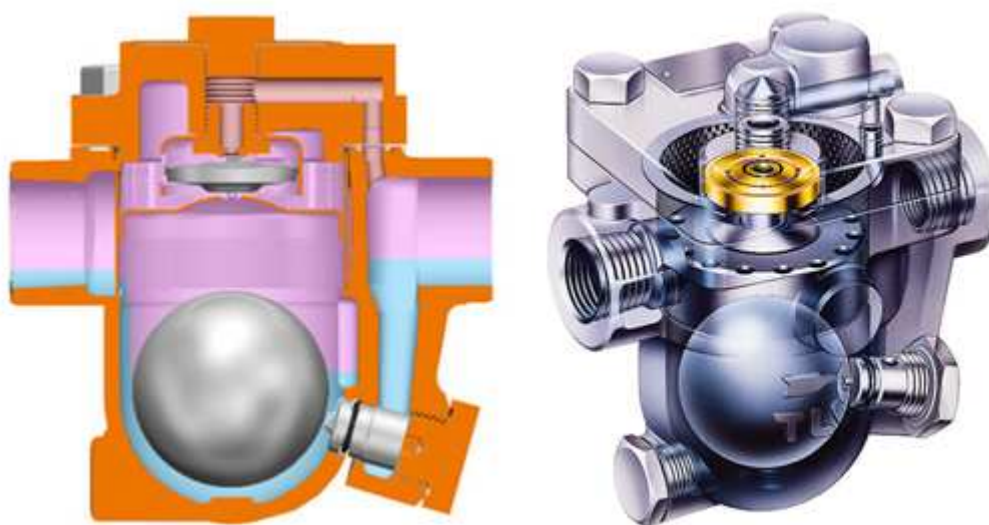


Figura 1.9. Trampa de flotador y palanca

Fuente: TLV

1.6.1.3 Trampas de balde:

A diferencia de las trampas vistas anteriormente, éste tipo de trampa no posee la esfera flotadora, sino que es un balde el que hace de válvula.

Este tipo de trampa tiene 2 variantes que son: Trampa de balde abierto y trampa de balde invertido.

1.6.1.3.1 Trampa de balde abierto

Se llama así ya que el tipo de balde está dentro del cuerpo de la trampa, con su parte abierta hacia arriba como se observa en la figura 1.17. Este flotará con el condensado cuando permanezca vacío, pero caerá por su peso cuando esté lleno de condensado.

Una vez que entra el flujo de condensado, poco a poco irá llenando el espacio, con esto comenzará a subir y la válvula se cerrará. Como aumenta el nivel de condensado, comenzará a llenar el interior, debido al peso tenderá a bajar, abriendo la válvula. Así mismo la presión ejercida por el vapor empujará el

condensado por la guía de la varilla de la válvula, descargando el condensado hasta que nuevamente pueda flotar.

Esta trampa no genera mayores problemas de mantenimiento debido a un mecanismo simple pero a causa de un ciclo intermitente de descarga es más probable que sufra los efectos de la corrosión.

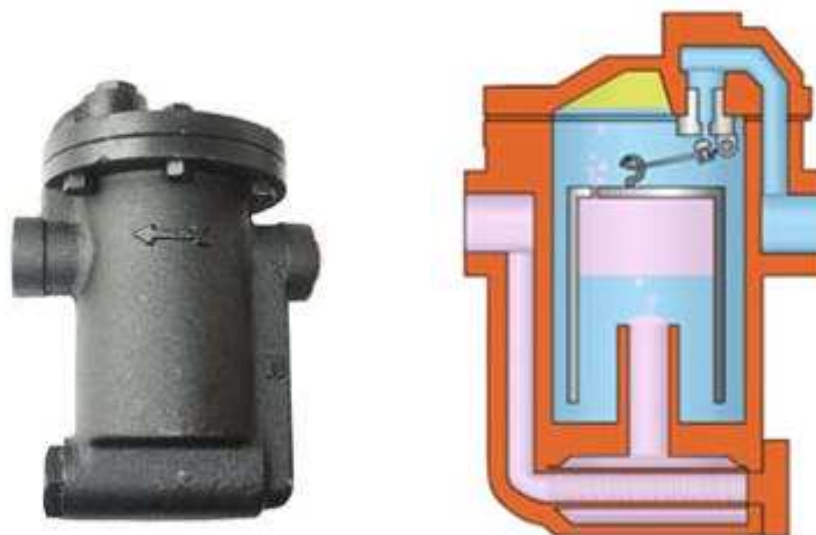


Figura 1.10. Trampa de balde abierta

Fuente: INGIMEX

1.6.1.3.2 Trampa de balde invertido:

Como su nombre lo dice, éste tipo de trampa posee en su interior un balde cuya abertura está hacia abajo. (Ver figura 1.18)

El sistema de funcionamiento resulta simple. El vapor que entra lo mantiene flotando, éste mantendrá cerrada la válvula de salida.

Cuando comienza a condensar, el interior de la trampa se va llenando del condensado, el que mandará al fondo al balde, causando que la válvula se abra, lo que junto con la presión ejercida por el vapor dentro, descargará el exceso de condensado.

En éste tipo de trampa, se debe mantener condensado en el fondo, ya que hace de sello. Si éste se pierde, podría ser a causa de una pérdida de presión del vapor, ocasionará el paso del vapor libremente por la válvula.

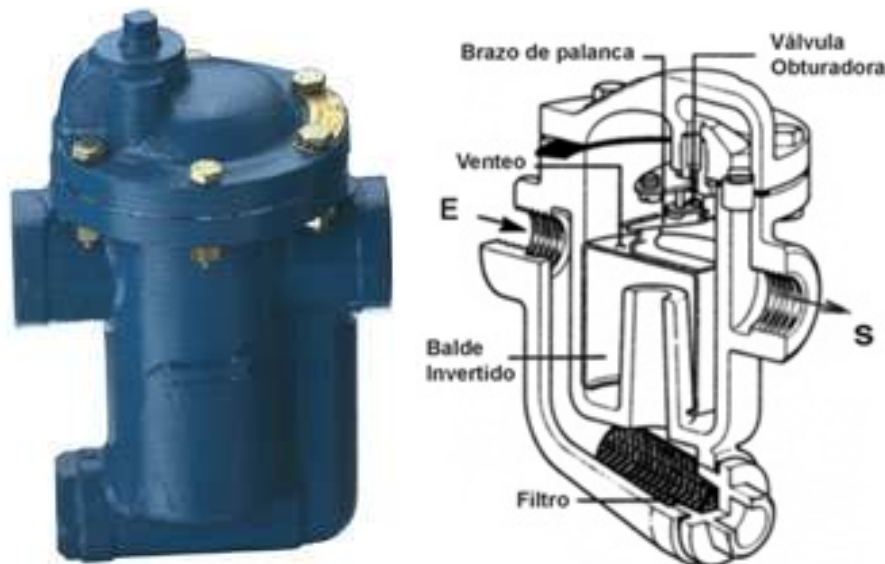


Figura 1.11. Trampa de balde invertido

Fuente: VAPORTEC

1.6.2 TRAMPAS TERMODINÁMICAS

Emplea como principio de operación las propiedades termodinámicas del agua. La trampa sólo posee una parte móvil que es un disco el cual se mueve de manera vertical haciendo una función de obturador y verificador a la vez. El disco es levantado del asiento por acción del condensado que llega a la presión de vapor del sistema y es retenido en la parte superior por la tapa la cual posee un resalto, cuando el vapor se va acercando a la trampa se genera una aceleración del flujo de condensado, dando como efecto una caída de presión ejercida sobre la cara del disco en contacto con el condensado, esto trae como consecuencia que la trampa cierre (ver figura 1.19). Cuando el condensado es descargado pasa a un sistema de menor presión (línea de retorno de condensado), por lo cual para co-existir se revaporiza parte de éste condensado generando vapor flash, que actúa sobre la cara posterior del disco asegurando su cierre. Para que vuelva a abrir la trampa, el revaporizado cede parte de su energía al ambiente y se

condensa generando una reducción en la presión del flash y por lo tanto disminuye la fuerza de cierre, originándose nuevamente el ciclo de descarga.

Debido a su construcción es muy robusta, muy compacta y soporta golpe de ariete. Como es intermitente, su aplicación se limita a sistemas donde no se requiere un control estricto de la temperatura, su principal aplicación se da en drenaje de líneas, distribuidores de vapor o en sistemas de bajo régimen de consumo de vapor. Se ve afectada por el aire pues no lo diferencia del vapor originando que se pueda bloquear.

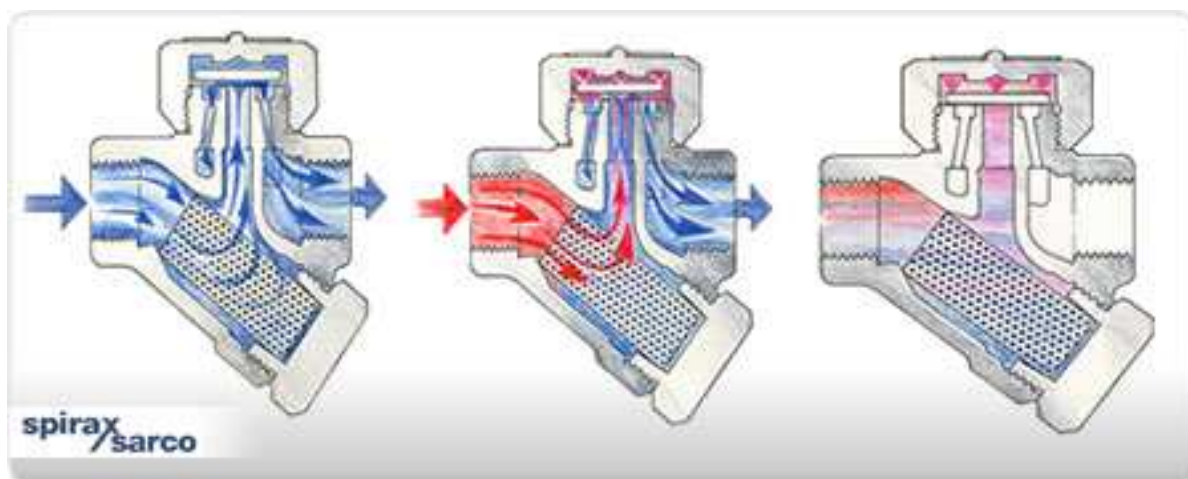


Figura 1.12. Trampa termodinámica

Fuente: SPIRAX SARCO

1.6.3 TRAMPAS TERMOSTÁTICAS

Estas trampas operan mediante un sensor de temperatura, el que identifica la temperatura del vapor y del condensado. Como el vapor se condensa adquiere una temperatura menor a la del vapor, cuando ésta temperatura del condensado llega a un valor específico, la trampa abrirá para drenar el condensado.

1.6.3.1 Trampas tipo Termostáticas de Presión Balanceada:

Estas trampas tienen como principio de operación el empleo de una cápsula termostática la cual está rellena de una solución alcohólica, el alcohol altera el

punto de ebullición del agua grados menos dependiendo de la concentración de la solución (a mayor concentración menor punto de ebullición), debido a que la cápsula está sometida a la presión de vapor del sistema, el punto de ebullición del agua corresponde a la nueva condición de presión, pero la solución de la cápsula tiene un punto de ebullición menor por lo cual ésta cierra cuando se ve en presencia de un condensado a mayor temperatura que su punto de ebullición (la solución en la cápsula se evapora generando que la trampa se cierre) como se observa en la figura 1.20.

Existen tres tipos de cápsulas las cuales cierran con un diferencial de 4°C, 12°C y 20 °C. Por principio de operación generan anegamiento, eliminan aire y otros gases no condensables. La cápsula estándar es la de -12 °C respecto a la curva de vapor saturado. Son trampas intermitentes (descargan condensado frío hasta su temperatura de cierre, luego tiene que disipar calor al ambiente para enfriarse y nuevamente abrir). Son de gran capacidad siendo muy compactas y pueden instalarse en sistemas de calentamiento donde se requieren bajas temperaturas y no muy exactas o en drenajes de línea con una distancia de 1,5 metros alejada del colector. Soportan golpes de ariete.



Figura 1.13. Trampas termostáticas de presión balanceada

Fuente: SPIRAX SARCO

1.6.3.2 Trampas Termostáticas tipo Bimetálicas:

A diferencia de las de tipo presión balanceada, las trampas bimetálicas emplean como principio de operación el coeficiente de dilatación de los metales correlacionándola con la curva de vapor (ver figura 1.21). Para éste caso se

emplean láminas de dos metales con diferente coeficiente de dilatación (uno mayor que otra), las cuales se sueldan superponiendo una sobre otra, al calentarse ambas tratan de dilatarse pero al crecer una más que otra se genera un encurvamiento por la resistencia generada del que posee menor coeficiente de dilatación. Se eligen materiales tal que el efecto de dilatación se genere siempre antes de la temperatura de vapor saturado a las diferentes presiones del sistema. En aplicaciones es muy similar a la trampa de presión balanceada, pero el diferencial menor es de -20°C , por lo cual en instalaciones similares trabajan con sistemas de calentamiento con temperaturas mucho más bajas o en purgas de línea con una longitud mínima de 2,5 metros alejada del colector. Por principio de operación eliminan aire y gases no condensables, soportan golpes de ariete y son muy compactas.

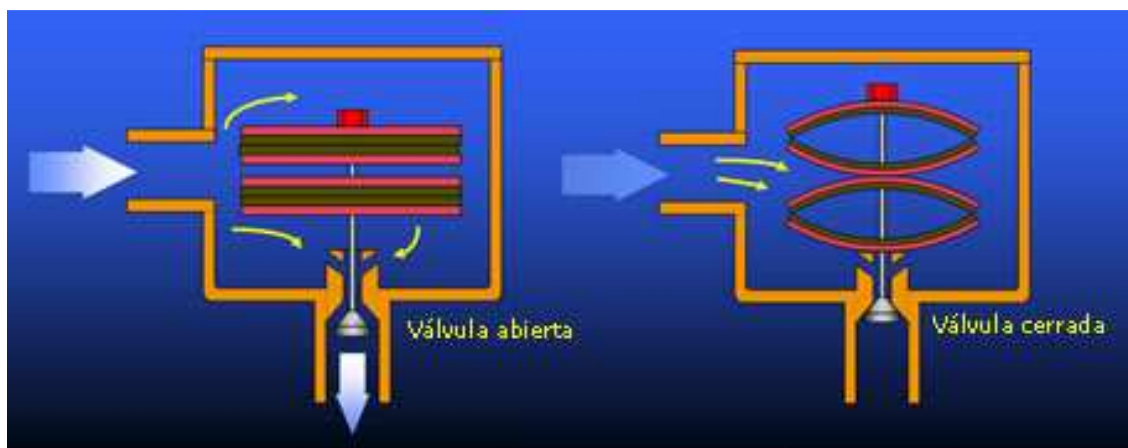


Figura 1.14. Trampas termostáticas bimetalicas

Fuente: SPIRAX SARCO

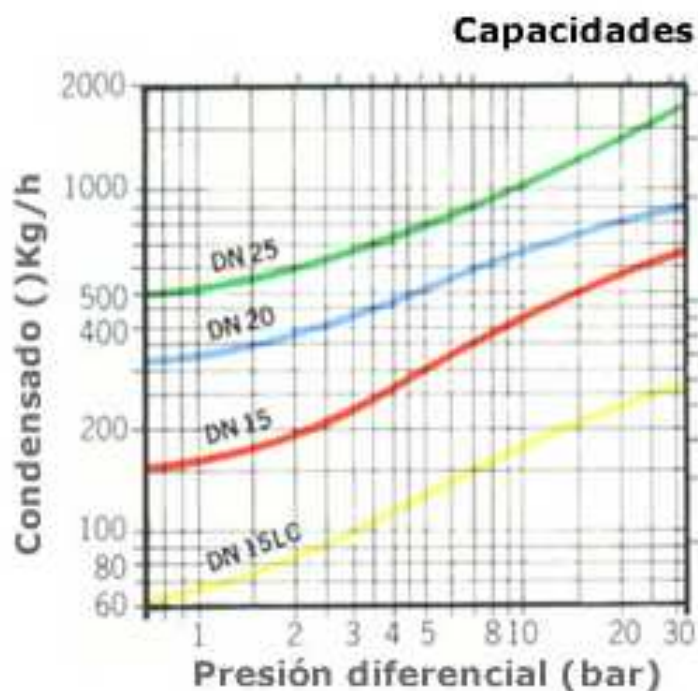
1.6.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Para el proceso de selección es necesario considerar lo siguiente:

- Presión de entrada a la trampa (Psig/Bar)
- Presión de salida de la trampa (Psig/Bar)
- Diferencial de presión de la trampa (Psig/Bar)
- Consumo de vapor o carga (en Lb/Hr o Kg/Hr)

1.6.4.1 Factor de Seguridad

En la figura 1.22 adjunta podemos observar que la capacidad de descarga de la trampa es directamente proporcional al diferencial de presión dentro de su rango de capacidad, por lo cual es muy importante tener claros los datos a considerar.



<

Figura 1.15. Capacidad de descarga

Fuente: SPIRAX SARCO

De lo anterior podemos considerar los siguientes criterios para una selección adecuada de una trampa de vapor:

- Aplicación
- Presión de vapor del sistema
- Contrapresión
- Temperatura
- Presión diferencial (siempre debe ser positiva)
- Carga máxima
- Carga mínima

- Factor de seguridad
- Elevación después de la trampa
- Control de temperatura
- Tipo de equipo
- Materiales y conexiones
- Retorno de condensado
- Vibración
- Venteo de aire

Teniendo estas consideraciones podremos asegurar que nuestro proceso siempre responderá a necesidad. Sin embargo existen procesos donde puede darse que el diferencial de presión puede ser negativo y requieran soluciones más sofisticadas para evacuar el condensado (Sistema trampa-bomba y sistemas bomba-trampa). En la tabla 1.1 indica las características principales de las trampas de vapor para considerar en el proceso de selección.

Tabla 1.1 Características de las trampas de vapor

Características Tipo de válvula	Presión del proceso	Tipo de descarga	Fuga de vapor vivo en operación	Eliminación de aire y gases NC	Tiempo de vida*	Trabajo con suciedad	Resistencia a golpes de ariete	Trabajo con cambios en flujo de condensado
Balde Invertido	Constante (Flujo real) / casi constante	Intermitente	NO	Baja	Alto	Aceptable	Excelente	Malo
					6 a 8 años			
Flotador y Termostática	Modulante	Continua	NO	Excelente	Medio	Malo	Malo	Excelente
					3 a 5 años			
Termodinámica	Constante / modulante	Intermitente	Probable	Buena	Muy Bajo	Malo	Bueno	Malo
					6 a 12 meses			
Bimetálica	Constante / modulante	Intermitente	NO	Excelente	Medio	Malo	Malo	Malo
					3 a 5 años			
Termostática	Constante / modulante	Intermitente	NO	Excelente	Medio	Malo	Malo	Malo
					3 a 5 años			

Fuente: CONAE

CAPITULO II

2 AUDITORIA ENERGETICA PARA EL HOSPITAL “BACA ORTIZ”.

2.1 INTRODUCCIÓN

El Hospital de Niños Baca Ortiz para alcanzar la eficiencia energética en el sistema vapor, se procederá ahorrar el consumo de combustible sin incomodar el confort higrotérmico², la salubridad y la seguridad.

Debe contar con sistema de vapor que le permita cumplir sus requerimientos para atender al personal que usa sus instalaciones, en lo que refiere a esterilización en quirófanos, lavandería-secado, cocina, limpieza, dotación de agua caliente para fisioterapia y otras necesidades complementarias.

Actualmente el hospital tiene una pérdida de energía térmica, por este aspecto, es importante que se mejore la eficiencia en los campos de generación, transmisión y distribución.

El control de estado operativo de sus partes: caldero, tuberías, transformadores de calor, etc., o elementos adicionales y considerando que el sistema de vapor ha prestado servicio por mas de 25 años en forma permanente, se procederá en el proyecto a realizar la auditoría energética que permita un funcionamiento eficiente en el sistema de vapor en el Hospital Baca Ortiz, lo que incluye un

² Confort higrotérmico: Cuando no tienen que intervenir los mecanismos termorreguladores (metabolismo, sudoración y otros) del cuerpo para una actividad sedentaria y con un ligero arropamiento.

máximo aprovechamiento del vapor con un correcto consumo de combustible y un mantenimiento permante de los equipos e instalaciones.

El capitulo se establece en desarrollar la auditoria energética preliminar , inicia con una inspección visual de todo el circuito de vapor, para realizar un informe preliminar del estado del sistema de vapor y luego tomar datos y realizar mediciones que permita determinar las perdidas energéticas.

2.2 AUDITORÍA ENERGÉTICA

Es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía. Es un proceso con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida. Más allá de la simple identificación de las fuentes de energía, tiene por objeto dar prioridad a los usos energéticos de acuerdo con el mayor o menor costo para el ahorro de energía.

2.2.1 TIPOS DE AUDITORÍA DE ENERGÍA

El término auditoría energética es comúnmente utilizado para describir un amplio espectro de estudios energéticos que van desde un rápida inspección a través de un procedimiento para identificar los principales problemas; a un análisis exhaustivo de las implicaciones de otras medidas de eficiencia energética suficientes para satisfacer los criterios financieros solicitados por los inversores. La única manera de garantizar que una propuesta de auditoría que satisfaga sus necesidades específicas es precisar los requisitos detallados en un ámbito de trabajo.

2.2.1.1 Auditoría Preliminar

El anteproyecto de auditoría (o una simple llamada de auditoría, diagnóstico o auditoría de recorrido) es el más simple y más rápido tipo de auditoría. Se trata de una breve reseña de instalación, facturas de servicios públicos, y otros datos de explotación, y una caminata a través de la instalación para familiarizarse con la

construcción y operación para identificar cualquier zona de desperdicio de energía o de ineficiencia.

Típicamente, sólo las principales áreas problemáticas se descubren durante este tipo de auditoría. Las medidas correctivas se describen brevemente y rápida aplicación de estimaciones de costos, el potencial de ahorro de costos de explotación, simple y períodos de amortización. Este nivel de detalle aunque no suficiente para llegar a una decisión final sobre la ejecución de un proyecto de medidas, es suficiente para dar prioridad a proyectos de eficiencia energética y para determinar la necesidad de una auditoría más detallada.

2.2.1.2 Grado de inversión de Auditoría

En la mayoría de las empresas los ajustes o actualizaciones a una instalación energética deben competir por la financiación con capital no relacionados con las inversiones en energía. Tanto la energía consumida y la energía a ahorrar deben ser evaluados con un criterio financiero y para esto en los proyectos de mejoramiento y eficiencia energética se utiliza la tasa de retorno de la inversión (TIR) para evaluar la conveniencia de la inversión. El ahorro proyectado de funcionamiento de la aplicación de proyectos de energía debe desarrollarse de tal manera que proporcione un alto nivel de confianza. De hecho, los inversores a menudo demandan un ahorro garantizado.

El grado de inversión de auditoría se expande sobre la auditoría general descrito anteriormente mediante el suministro de un modelo dinámico de la energía de uso, características de las instalaciones existentes y todas las medidas de conservación de energías identificadas. El edificio modelo está calibrado contra la real utilidad de datos para proporcionar una línea de base realista que permita calcular los ahorros de funcionamiento de las medidas propuestas. Amplia atención se da a entender no sólo las características de funcionamiento de toda la energía que consumen los sistemas, sino también situaciones que causan las variaciones de perfil de carga a corto y largo plazo las bases (por ejemplo, diaria, semanal, mensual, anual). Los datos actuales de utilidad se complementan con la

de los principales consumidores de energía y sistemas de vigilancia de las características del sistema operativo.

2.3 AUDITORIA ENERGETICA PRELIMINAR HOSPITAL DE NIÑOS “BACA ORTIZ”.

2.3.1 DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE VAPOR

El sistema de vapor del hospital no posee una eficiencia óptima, por motivo a sus años de funcionamiento, la existencia de deterioros en sus diferentes elementos básicamente en el circuito de conexión y tuberías.

2.3.2 SISTEMA DE VAPOR

En el sistema de vapor del hospital se identificaron problemas en la eficiencia energética, asociados con pérdidas de energía térmica. Esta situación, repercute negativamente en los costos del hospital, el mantenimiento de los equipos y el ambiente de trabajo.

El vapor generado en las calderas, es utilizado en el hospital con varios propósitos, como son, cocción de alimentos, lavandería, esterilización, calentamiento de agua, calefacción, entre otras aplicaciones.

El hospital utiliza el vapor las cuatro áreas básicas: vapor para usos en esterilización de equipos de quirófano, lavandería-secado, cocina y tanques de almacenamiento de agua. Existen además, la necesidad de dotar de agua caliente para usos en fisioterapia por lo que esta función deberá ser generada por la distribución de vapor para fines de calentamiento.

2.3.2.1 Sistema de abastecimiento

2.3.2.1.1 Caldera

El hospital posee tres, dos calderos son de marca SADECA con un funcionamiento aproximado de 24 años, por el momento no están en

funcionamiento y un caldero marca FULTON (ver figura 2.1) con 4 años de funcionamiento aproximadamente, el cual proporciona vapor a los diferentes equipos.



Figura 2.1. Caldera FULTON

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

El caldero FULTON tiene una capacidad de 250Btu, presión de vapor para el abastecimiento es de 10bar. Tipo horizontal pirotubular, tres pasos. Su sistema encendido está controlado de acuerdo a la presión que indica el manómetro se enciende a los 9,6Bar aproximadamente y se apaga a los 10,3Bar aproximadamente, el tiempo estimado de encendido es de acuerdo a la hora del día que esté funcionando. El consumo de combustible (diesel) es de 180000 galones cada 45 días, equivale a 450 galones diarios (dato proporcionado por el personal de mantenimiento).

2.3.2.1.2 Distribuidor de Vapor

Este dispositivo es el encargado de recibir el vapor del caldero al mismo tiempo y su función es repartir el vapor hacia los diversos puntos de consumo.

El vapor ingresa por los extremos y por la parte intermedia se ubican las tuberías de consumo o ramales. Debe disponer en su estructura dos entradas colectoras ubicadas en los extremos con la finalidad de recolectar el condensado y garantizar con ello la calidad del vapor. En la figura 2.2 se muestra la configuración típica y sus componentes.

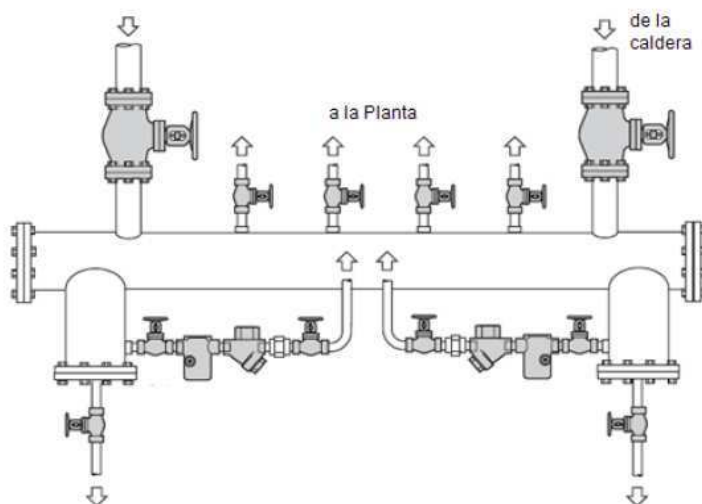


Figura 2.2. Distribuidor de vapor.

Fuente: SPIRAX SARCO

El distribuidor de vapor del hospital reparte a los siguientes equipos (ver figura 2.3):

- Tanque de almacenamiento para lavandería (5Bar).
- Tanque de almacenamiento para sanitarios (5Bar).
- Equipos de Esterilización (2,5Bar).

- Rodillo Planchador (10Bar).
- Lavadoras – Secadoras (5 a 8Bar).
- Piscina (10Bar).
- Cocina (1Bar).



Figura 2.3. Distribuidor de vapor.

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

También éste abastece al sistema de calefacción del hospital pero no se encuentra funcionando por diversos problemas en el sistema, en la inspección se encontró una fuga de vapor entre la válvula de entrada y el distribuidor de vapor (ver figura 2.4).



Figura 2.4. Válvula de entrada al distribuidor de vapor.

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

Cuenta con áreas remodeladas y equipadas con tecnología de punta de última generación, las mismas que se pueden evidenciar en los servicios de:

- Cirugía cardiorácica.
- Diálisis.
- Estomatología reconstruida.
- Hematología y oncología.
- Área de quemados.
- Clínica general.
- Central de esterilización.
- Centro quirúrgico.
- Emergencia.
- Área de angiografía.

El hospital se dedica a la atención pediátrica, hospitalaria, recuperación y rehabilitación de niños, en la cual depende de la eficiencia del sistema de vapor ya que muchas áreas depende de éste como:

- Esterilización de equipos.
- Lavandería-secado.

- Cocina.
- Fisiatría.

A continuación se detallará las características para cada una de las áreas antes mencionadas.

2.3.2.2 Vapor para usos en esterilización de equipos (quirófano).

Es el proceso mediante el cual se somete a los microorganismos a la acción del calor (121 - 140°C) con la inyección de vapor saturado y seco a presión 2,5Bar. En autoclave por vapor de agua es el método de por excelencia al presentar una elevada eficacia por su capacidad de penetración, fiabilidad, facilidad de monitorización, seguridad (ausencia de residuos tóxicos) y resultar el más económico de los sistemas tradicionales dentro de la esterilización hospitalaria.

En la sección de quirófanos, existen 4 equipos esterilizadores, dos de la cuales para su funcionamiento utilizan vapor saturado a 2Bar, con lo que alcanzan temperaturas hasta 130°C y las dos restantes utilizan vapor saturado a 2,5Bar, con lo que alcanzan temperaturas hasta 140°C. Los esterilizadores son de marca AMSCO y GETINGE (ver figura 2.5), tienen conexiones de entrada de vapor ½", actualmente se encuentran en funcionamiento uno de cada marca.



Figura 2.5. Esterilizador GETINGE y AMSCO.

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

En la tubería de ingreso de vapor se evidenció una fuga de vapor por la válvula de apertura que a simple vista no se observa ya que ésta tiene una envoltura que está humedecida y la tubería no tiene un aislante, como resultado tenía indicios de corrosión (ver figura 2.6).



Figura 2.6. Válvula de apertura.

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

En la figura 2.7 indica el retorno de condensado del esterilizador AMSCO no tiene un buen aislante térmico y existe pérdida de vapor, en el equipo también se observó que el aislante está sujetado con cinta adhesiva.



Figura 2.7. Retorno de condensado esterilizador AMSCO.

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

2.3.2.3 Vapor para usos en lavandería-secado.

Con el fin de lavar diferentes prendas, en la sección de lavando consta de lo siguiente:

La figura 2.8 se observa las dos máquinas lavadoras de marca UNIMAC, las cuales requieren vapores a 5,5Bar para su funcionamiento y una capacidad de trabajo de 57kg. Estas máquinas tienen conexiones de entrada de vapor 1/2".



Figura 2.8. Lavadoras UNIMAC

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

Las tuberías de abastecimiento tienen un aislamiento no muy deteriorado pero algunos elementos de la tubería esta corroídos. (Ver figura 2.9).



Figura 2.9. Tuberías de abastecimiento y retorno de condensado para lavadoras

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

La lavadora de marca SHAPHADEX con 24 años de funcionamiento (ver figura 2.10), una capacidad de 100kg, requiere vapor de 6,5Bar para su funcionamiento. Esta tiene una conexión de entrada de vapor $\frac{3}{4}$ ".



Figura 2.10. Lavadora SHAPHADEX

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

Tres secadoras de marca CISELL, como se observa en la figura 2.11, tienen una capacidad de trabajo de 54kg, las cuales requieren vapor saturado 7Bar para su funcionamiento. Estas tienen conexiones de entrada de vapor $\frac{3}{4}$ ".



Figura 2.11. Secadoras CISELL

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

En la figura 2.12 se observa que todo el aislamiento del sistema de abastecimiento y retorno de vapor se encuentra en buen estado, el cual permite un buen funcionamiento de los equipos.



Figura 2.12. Sistema de abastecimiento y retorno de condensado para secadoras

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

El rodillo planchador (Calandra) consta de tres fases secado, planchado y doblado es de marca AMERICAN LAUNDRY MACHINERY INC., para su operación requiere vapor saturado de 145Psi (10Bar), el rodillo solo opera con sabanas. La conexión para vapor saturado es de $\frac{3}{4}$ ". (Ver figura 2.13)



Figura 2.13. Rodillo planchador

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

En la tubería que distribuye vapor a los rodillos se encontró fuga de vapor (ver figura 2.15), también se observó que el aislante está deteriorado en las tuberías internas, de abastecimiento y retorno. Como se observa en la figura 2.14, falta aislante en la mayoría de las tuberías internas de vapor del rodillo planchador.



Figura 2.14. Tuberías internas y de abastecimiento rodillo de vapor

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”



Figura 2.15. Fuga de vapor tuberías internas del rodillo planchador

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

El maniquí, marca COLMA que permite el secado y el planchado de los mandiles y batas etc., para su funcionamiento requiere vapor saturado de 7Bar, tienen conexiones de $\frac{3}{4}$ " para el vapor. Este equipo no se encuentra en operación.

2.3.2.4 Vapor para usos en la cocina.

En la sección cocina y para fines de preparar alimentos se tiene cinco marmitas de marca SADECA, como se observa en la figura 2.16, utilizan vapor saturado a 8Bar. Dos marmitas tiene la capacidad de 150 litros y las otras tres tienen una capacidad de 200 litros. Todas las marmitas presentan conexiones de $\frac{1}{2}$ ".



Figura 2.16. Marmita SADECA

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

En la sección de la cocina, también existe el requerimiento de agua caliente para el régimen alimenticio. Para esto, de acuerdo a los valores experimentales, se puede considerar un valor de 4gal/h (Texto “Calderas Industriales y Marinas” del autor Ángel Vargas Zuñiga,) de agua por cada persona hospitalizada para fines alimenticios.

Sus condiciones de operación son normales, pero de acuerdo al personal de mantenimiento del hospital existen fugas en las conexiones, salida de vapor por la parte inferior de la marmita, también se puede observar en la figura 2.17 que las tuberías no tienen aislamiento y corrosión en toda la superficie.



Figura 2.17. Fugas de vapor y corrosión de las tuberías (Marmita)

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

2.3.2.5 Vapor para fines en fisioterapia.

Existe una distribución de vapor saturado de 10Bar con el fin de calentar el agua por medio de un intercambiador de calor, luego ser distribuida para usos en la piscina, dos tinas para miembros superiores e inferiores y una tina de Hubbard³ con el fin de la fisioterapia. De la misma manera, de acuerdo a los valores experimentales, se puede considerar un valor de 4gal/h de agua por cada persona hospitalizada para ésta necesidad complementaria que constituye fisioterapia.

³ Las Tinas Hubbard tienen forma de 8 y son ideales para pacientes que necesitan un hidromasaje intenso en todo el cuerpo (ideales para pacientes quemados).



Figura 2.18. Sistema de calentamiento de la piscina

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

En la figura 2.18, las tuberías y el intercambiador de calor están en buenas condiciones y con un buen aislamiento térmico.

2.3.2.6 Vapor para tanques de almacenamiento de agua.

Existen dos tanques de almacenamiento de agua caliente, un tanque que permiten suministrar agua caliente a los sanitarios y el otro abastece a las lavadoras que permite obtener una temperatura adecuada para el lavado de las prendas, sábanas, etc.

Los tanques son de marca SADECA con una capacidad de 8m^3 , el tanque que permite suministrar agua caliente al hospital, para mantener la temperatura a 60°C requiere vapor saturado de 5Bar y el otro tanque para abastecer a los

sanitarios, para mantener la temperatura a 70°C requiere vapor saturado de 5Bar, los tanques tiene conexión de 2" para vapor saturado.



Figura 2.19. Tanque de abastecimiento sanitario

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"



Figura 2.20. Tanque de abastecimiento lavandería

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

En las figuras 2.19 y 2.20 se observa los tanques de abastecimiento uno de ellos esta con aislamiento térmico deteriorado y no muy bien fijado mientras que el otro está sin aislamiento térmico y los tanques ya han cumplido su vida útil.

2.3.2.7 Tanque de Condensado.

El tanque de condensados debe tener la capacidad en agua de almacenamiento, para poder alimentar a una caldera durante 20 minutos. (Si comparten dos o tres calderas, el mismo tanque, se debe aplicar el mismo principio, multiplicando por las calderas en operación simultáneas con el mismo tanque).



Figura 2.21. Tanque de condensado

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

Cuando se operan en forma eficiente, con un alto porcentaje de retorno de condensados, es conveniente solicitar desde el proyecto, un tanque de condensados de mayor capacidad, que permita almacenar y recibir sin problemas, grandes cantidades de condensados en un corto tiempo.

La altura del tanque de condensados va en función de la altura requerida por la bomba de alimentación de agua, para que ésta no cavite.

El agua que pierde el sistema se dirige a un tanque subterráneo donde se acumula y luego se transporta a uno de menor capacidad, éste no tiene aislante como se observa en la figura 2.21.

2.3.2.8 Sistema de purgación del agua

Con el fin de mantener el equilibrio químico en el interior de la caldera, la cantidad de impurezas retiradas del colector mediante la purga debe ser igual a la cantidad de impurezas introducidas mediante el agua de alimentación. Cuando varían las cargas de vapor, también lo hace la tasa de agua de alimentación y la tasa de purga.

Por otro lado, el exceso de purga da lugar a un funcionamiento ineficiente de la caldera, ya que cada purga hace que se pierda el calor contenido en el agua extraída. El costo de combustible puede relacionarse directamente con ésta pérdida de calor. También hay que tener en cuenta el costo del agua y el de los productos químicos. Debe alcanzarse un equilibrio entre la necesidad de retirar los sólidos disueltos de la caldera y el funcionamiento eficiente de la misma.

En el sistema de purgas existen fugas de vapor como se observa en la figura 2.22, el cual repercute a su eficiencia y no permite un buen equilibrio en el funcionamiento de la caldera.



Figura 2.22. Sistema de purgación

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

2.3.2.9 Tuberías

Los diámetros de las tuberías deben adaptarse a los gastos máximos susceptibles de ser transportados y con este fin deben ser determinados de tal modo que:

- Las pérdidas de carga estén limitadas o cuando menos, que sean inferiores a los valores límites fijados de antemano.
- La velocidad del vapor sea inferior a un valor determinado, llamado velocidad límite.
- Que sea suficiente la resistencia mecánica de la tubería.
- Que no pueda producirse ninguna obstrucción súbita.

Las tuberías de agua retorno, generalmente la conducción del vapor también cuenta con una tubería de agua de retorno (vapor condensado) de un diámetro menor.

2.3.2.9.1 Dimensiones de la tubería y otros elementos

El hospital no posee un plano de instalación detallado del sistema de vapor y las tuberías que permita hacer un dimensionamiento exacto de su extensión. Al realizar una inspección se observó grandes cambios de sección y longitudes muy extensas para abastecer de vapor a los diferentes equipos.

2.3.2.9.2 Condiciones actuales de la tubería y otros elementos

En la inspección visual se observó que algunos tramos de las tuberías no se encuentran en buen estado, su aislante térmico ésta deteriorada como en la figura 2.23.



Figura 2.23. Tuberías sin y con aislante deteriorado

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

Las juntas o uniones del sistema de tuberías no tienen recubrimiento y están expuestas a la corrosión del ambiente y en algunas existen fugas de vapor como se observa en la figura 2.24.



Figura 2.24. Corrosión en juntas y uniones

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

La mayoría de las válvulas están desgastadas por la corrosión del medio ambiente (ver figura 2.25).



Figura 2.25. Corrosión en válvulas

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

2.3.2.10 Aislante

Para tuberías el aislante es buena barrera contra el calor, el frío y consumirá menos energía. Una vez terminado de pagar los costos de instalación del sistema, la energía conservada dentro de la tubería será un real ahorro de dinero. Pero no sólo reducirá sus gastos, sino que además estará contribuyendo a disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera y a utilizar mejor los recursos energéticos. Sin recubrimiento la pérdida de calor por las paredes de la tubería ocasionará gastos de combustible que pueden llegar a triplicar el costo del aislante en menos de un año de uso.

2.3.2.10.1 Condiciones actuales de la fibra de vidrio

Como se observa en la figura 2.26 las condiciones del aislante en algunos equipos o tramos de sistema de tuberías por el desprendimiento de la chapa metálica se observó el pésimo estado, en otros tramos el aislante están en buen estado pero esto no permite una buena eficiencia del sistema de vapor.



Figura 2.26. Condiciones de la lana de vidrio

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

2.3.2.11 Estado de las Trampas de Vapor del Sistema

En una red de distribución de vapor, el mal funcionamiento y deterioro de las trampas de vapor o purgadores puede producir pérdidas superiores al 10% del total producido por las calderas.

El estado de funcionamiento de las trampas es fundamental para obtener una buena eficiencia del sistema de vapor y ahorro en el consumo de combustible, para lograr esto, existen muchos métodos para comprobar el funcionamiento de las trampas, algunos son de un costo elevado, el método bien establecido para detectar el funcionamiento de una trampa, consiste en escuchar, por medio de un estetoscopio, el sonido que hace la trampa al operar.

Tabla 2.1 Características de las trampas de Vapor

Tipo Trampa	Como es su operación	Que sonido debe escuchar si falla	
		Abierta	Cerrada
Balde invertido	Intermitente	Silbido del vapor pasando	No hay sonido del condensado drenando
Flotador & Termostato	Continuo		
Termodinámica disco	Intermitente		
Bimetálicas	Intermitente		

Fuente: SDT Latín América

La tabla 2.1 es una guía general para ser tomado en cuenta al escuchar la trampa, para un diagnostico más detallado se debe estar al tanto cómo opera cada una de las trampas.

2.3.2.11.1 *Análisis de condiciones exteriores de la trampa de Vapor*

Con la inspección visual (ver figura 2.27), se observó que en algunos lugares del sistema de vapor las trampas se encuentran en mal estado como: pérdida en su totalidad de la capa de pintura y corrosión.



Figura 2.27. Trampa de vapor termodinámica

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

En algunas secciones, como es la de secado, las trampas de vapor están en buenas condiciones con un buen funcionamiento (ver figura 2.28).



Figura 2.28. Trampa de vapor de balde invertido

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

Las trampas de vapor del rodillo planchador (calandra) se encuentran mal instaladas y necesitan un cambio para su mejoramiento.

2.3.2.12 Sistema de Combustión

El sistema de combustión consta de tres tanques los cuales almacenan los 18.000 galones que requiere el caldero para su funcionamiento.



Figura 2.29. Tanque de almacenamiento de combustible

Fuente: Hospital de Niños "Baca Ortiz"

El combustible utilizado es diesel 2 el cual es suministrado mediante tanquero a los tres tanques de almacenamiento (ver figura 2.29) que tienen un volumen de 6000 galones aproximadamente el cual es suministrado cada 45 días

Realizando la inspección visual por el sistema de distribución de combustible, se observó que existen fugas lo que no permite una buena fluidez y pérdida del mismo ver figura 2.30, también existe derrame en el piso como se observa en la figura 2.31.



Figura 2.30. Sistema de distribución de combustible

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”



Figura 2.31. Piso por debajo del tanque de almacenamiento

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

2.3.2.13 Energía Utilizada

El hospital dispone de los siguientes tipos de energía para sus equipos, ver tabla 2.2.

Tabla 2.2 Energía Utilizada

ENERGÍA	USOS
Energía Eléctrica	Iluminación, motores, compresores, etc.
Diesel	Caldera
GLP	Cocina

Fuente: Hospital de Niños “Baca Ortiz”

La energía eléctrica es suministrada a un voltaje de 13000V (media tensión) a 60Hz. Entonces, mediante un transformador se obtiene un voltaje a 460V en los tableros de distribución y después para consumo de los equipos se obtiene un voltaje de 220V y 110V.

El diesel es suministrado por Petrocomercial, por medio de tanqueros.

El GLP es conseguido mediante un carro de REPSOL GAS a un tanque centralizado.

2.4 INFORME DE LA AUDITORÍA PRELIMINAR

La información hará relación a la inspección visual realizada por el sistema de vapor del Hospital de Niños “Baca Ortiz”.

2.4.1 CALDERA Y CHIMENEA

La caldera está en buenas condiciones, se recomienda realizar reparaciones en las dos calderas que posee el hospital, así aumentaría la vida útil de la caldera FULTON, el humo emitido por la caldera que sale por la chimenea no se evidencia pérdidas; en el capítulo tres se realizará un estudio más detallado del comportamiento del mismo.

2.4.2 TUBERÍAS DE VAPOR Y CONDENSADO

La mayoría de las tuberías están con el aislante deteriorado, corroídas y fisuradas, en algunas zonas se encontró fugas de vapor donde se evidencia a simple vista, en otras zonas se encontró agua empozada producida por la fuga de vapor y condensación del mismo, también se observa que las tuberías en algunas secciones no es fácil realizar una inspección visual por la incomodidad a su acceso. Un análisis que se debe tomar en cuenta es que existe una gran extensión de las tuberías para llegar a los diferentes equipos, los que requieren del vapor que genera la caldera, lo cual da pérdidas de presión y así aumenta la capacidad del caldero, por consecuencia un gran consumo de combustible. Se debe reducir distancias en algunos tramos de tuberías para las diferentes áreas de consumo de vapor, pero con un estudio previo de cómo se encuentra actualmente las diferentes instalaciones físicas, eléctricas y de agua.

2.4.3 ACCESORIOS DE TUBERÍA

Existen codos, válvulas, universales, etc., que actualmente finalizaron su ciclo de vida útil lo cual causan fugas de vapor y condensado.

2.4.4 ABLANDAMIENTO DE AGUA

Si el número de iones de hidrógeno aumenta en el agua de la caldera, el potencial de hidrógeno PH disminuye, lo que genera un ataque de estos iones al metal del generador produciendo un cambio de lugar de las moléculas de hierro y un posterior efecto corrosivo del metal.

Para mantener un nivel de PH entre 10 a 12 se agrega una solución de hidróxido de sodio o sosa caústica, que permite adicionar iones hidroxilo al agua provocando la pasivación del metal con la formación de magnetita (Fe_3O_4) en ausencia de oxígeno y evitando en gran parte el efecto corrosivo hacia el metal.

2.4.5 VAPOR FLASH

Proviene del condensado y de la purga de la caldera, es despreciado totalmente ya que es enviado a la atmósfera.

2.4.6 TRAMPAS DE VAPOR

Realizada la inspección visual por las instalaciones del sistema de vapor se observó que algunas de las trampas de vapor se encuentran en buen estado y se realiza un buen mantenimiento; pero en algunos lugares o zonas las trampas de vapor están deterioradas, corroídas, con falta de mantenimiento y algunas ya han terminado su ciclo de vida útil por lo que es necesario cambiar y así mejorar la eficiencia de vapor en el sistema.

CAPITULO III

3 AUDITORIA ENERGETICA DETALLADA HOSPITAL DE NIÑOS “BACA ORTIZ”.

3.1 AUDITORÍA DETALLADA

La auditoría detallada profundiza sobre el anteproyecto de auditoría descrito anteriormente mediante la recopilación de información más detallada sobre la instalación y operación a realizar una evaluación más detallada de medidas de conservación de energía. Facturas de servicios públicos se recogen por 12 meses para permitir que el auditor pueda evaluar la instalación, la demanda de energía y las tasas de uso según perfiles de energía. Si se dispone de datos, los perfiles detallados de energía que esos datos se hacen posible, se tratará de analizar los signos de derroche energético. Adicionales específicos de medición de la energía que consumen los sistemas se realiza a menudo para completar los datos de utilidad. Entrevistas en profundidad con el personal de operación de las instalaciones se llevan a cabo para proporcionar una mejor comprensión de los principales consumidores de energía y sistemas para conocer a corto y largo plazo los patrones de consumo de energía.

Este tipo de auditoría será capaz de identificar toda la energía de las medidas de conservación adecuadas para la instalación, habida cuenta de sus parámetros de funcionamiento.

3.2 CÁLCULO DE PERDIDAS

3.2.1 PÉRDIDAS POR RADIACIÓN Y CONVECCIÓN EN LA SUPERFICIE DE LA CALDERA Y CHIMENEA

Se procede al cálculo de pérdidas de energía por convección y radiación en la superficie de la caldera utilizando las ecuaciones termodinámicas, de acuerdo a los datos de la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Temperatura superficial en el Caldero

PUNTOS	Temperatura (°C)
1	38
2	38
3	37
4	41
5	37
6	37
7	36
8	36
9	37
10	36
11	34
12	39
13	42
14	43
15	37
16	43
Temp. Promedio	38,19

Fuente: Berrones, Ponce

Los datos que se utilizarán para determinar las pérdidas son:

$$L = 4,95 \text{ m}$$

$$D_{\text{ext}} = 2.48 \text{ m}$$

$$T_{\text{super}} = 38,19 \text{ °C}$$

$$T_{\text{amb}} = 24,13 \text{ °C}$$

3.2.1.1 Cálculo de Pérdidas en la Caldera

$$h_{rad} = \frac{\epsilon \sigma (T_{sup}^4 - T_{amb}^4)}{T_{sup} - T_{amb}} \quad [\text{ec. 3.1}]$$

En donde:

h_{rad} : Coeficiente de transferencia de calor por radiación, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

ϵ : Emisividad superficial (0,8)

T_{sup} : Temperatura superficial del caldero

T_{amb} : Temperatura ambiente

$$h_{rad} = \frac{0,8 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} ((38,19 + 273)^4 - (24,13 + 273)^4)}{38,19 - 24,3}$$

$$h_{rad} = 5,11 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$T_f = \frac{(T_{sup} + T_{amb})}{2} \quad [\text{ec. 3.2}]$$

Donde T_f es temperatura promedio.

$$T_f = \frac{(38,19 + 24,13)^\circ\text{C}}{2} = 31,16 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p = 1,147 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$k = 2,61 \times 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$\mu = 186,6 \times 10^{-7} \text{ kg / ms}$$

$$\gamma = 16,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$P_r = 0,706$$

$$G_r = \frac{D^3 g \beta \Delta T}{\gamma^2} \quad [\text{ec. 3.3}]$$

$$G_r = \frac{(2,48\text{m})^3 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \frac{1}{31,16^\circ\text{C}} \times (38,19 - 24,13)^\circ\text{C}}{(16,31 \times 10^{-6})^2 \frac{\text{m}^4}{\text{s}^2}}$$

$$G_r = 1,5545 \times 10^{16}$$

$$R_a = G_r \times P_r \quad [\text{ec. 3.4}]$$

$$R_a = 1,5545 \times 10^{16} \times 0,706 = 1,098 \times 10^{16}$$

$$N_u = \frac{hD}{k} = 0,525(Ra)^{1/4}$$

$$N_u = 0,525(1,098 \times 10^{16})^{1/4}$$

$$N_u = 5374,15$$

$$h = \frac{2,61 \times 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}} \times 5374,15}{2,48 \text{ m}}$$

$$h = 5,66 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$h_{cr} = (h_{rad} + h) \quad [\text{ec. 3.5}]$$

$$h_{cr} = (5,11 + 5,66) \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}} \right]$$

$$h_{cr} = 10,77 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}} \right]$$

$$q = h_{cr}A\Delta T \quad [\text{ec. 3.6}]$$

$$A = \pi DL \quad [\text{ec. 3.7}]$$

$$A = \pi \times 2,48m \times 4,95m$$

$$A = 38,56m^2$$

$$q = 10,77 \frac{W}{m^2K} \times 38,56m^2 \times (311,19 - 297,13)^\circ K$$

$$q = 5838,99[W] = 5838,99 \text{ KJ/h}$$

3.2.1.2 Pérdidas de calor en tuberías de distribución y retorno de vapor.

Para tuberías y superficies planas, el cálculo de pérdidas o ganancias de calor se determina mediante la norma ASME, la eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales, se utiliza la siguiente nomenclatura:

$$C_{\text{tuberías}} = 1,016$$

$C_{\text{tuberías}}$ = Coeficiente de forma para tuberías, adimensional

3.2.1.2.1 Cálculo diámetro aislado, d_a (m):

$$d_a = d_o + 2xEsp \quad [\text{ec. 3.8}]$$

Dónde:

d_a = Diámetro aislante

d_o = Diámetro exterior del equipo o tubería aislada

Esp = espesor del material aislante

3.2.1.2.2 Cálculo del Coeficiente de Transferencia de Calor por Convección desde la superficie aislada hacia el ambiente, h_c (W/m^2K):

$$h_c = 2,7241 \times C \times (d_a)^{-0,2} \times \left[\frac{1.11}{(t_{sup} + t_a - 510,44)} \right]^{0,181} \times [1,8 \times (t_{sup} - t_a)]^{0,266}$$

$$\times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times V)^{0,5} \quad [\text{ec. 3.9}]$$

Dónde:

h_c = Coeficiente de Transferencia de Calor

C = Coeficiente de forma

d_a = Diámetro aislante

t_{sup} = Temperatura supuesta de la superficie del termoaislante

t_a = Temperatura ambiente

V = velocidad del viento

3.2.1.2.3 Cálculo de coeficiente de transferencia de calor por radiación, h_R (W/m^2K):

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times E_{mss} \times \frac{t_a^4 - t_{sup}^4}{t_a - t_{sup}} \quad [\text{ec. 3.10}]$$

Dónde:

h_R = Coeficiente de transferencia de calor por radiación

E_{mss} = Emisividad de la superficie aislada

t_{sup} = Temperatura supuesta de la superficie del termoaislante

t_a = Temperatura ambiente

3.2.1.2.4 Cálculo de coeficiente global de transferencia de calor, h_s (W/m^2K):

$$h_s = h_c + h_R \quad [\text{ec. 3.11}]$$

Dónde:

h_s = Coeficiente global de Transferencia de Calor

h_c = Coeficiente de Transferencia de Calor

h_R = Coeficiente de Transferencia de Calor por Radiación

3.2.1.2.5 Cálculo del flujo de calor, q (W/m):

$$q = \frac{\pi \times (t_{op} - t_a)}{\frac{1}{2 \times k_{ais}} \times \ln \frac{d_a}{d_o} + \frac{1}{h_s \times d_a}} \quad [\text{ec. 3.12}]$$

Dónde:

q = Flujo de Calor

t_{op} = Temperatura de operación

t_a = Temperatura ambiente

K_{ais} = Conductividad térmica del termoaislante

d_a = Diámetro aislante

d_o = Diámetro exterior del equipo o tubería aislada

h_s = Coeficiente global de Transferencia de calor

3.2.1.3 Pérdidas en la tubería de distribución de vapor

Con las ecuaciones anteriores se procede hacer el cálculo de las tuberías en las distintas zonas:

3.2.1.3.1 Tanques de almacenamiento de agua caliente para sanitarios

$$d_a = 0,05 + 2 \times Esp$$

$$d_a = 0,05 + 2 \times 0 = 0,05m$$

$$h_c = 2,7241 \times 1,016 \times (0,05)^{-0,2} \times \left[\frac{1,11}{(406 + 297,13 - 510,44)} \right]^{0,181} \\ \times [1,8 \times (406 - 297,13)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times 10)^{0,5}$$

$$h_c = 4,03 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times 0,79 \times \frac{297,13^4 - 406^4}{297,13 - 406}$$

$$h_R = 1,38$$

$$h_s = 4,03 + 1,38$$

$$h_s = 5,41 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$q = \frac{\pi \times (406 - 297,13)}{\frac{1}{2 \times 0,35} \times \ln \frac{0,05}{0,05} + \frac{1}{5,41 \times 0,05}} = 92,51 W / m$$

$$q = \frac{92,51 W}{m} \times 4,25 m = 393,2 W = 0,39 KJ/s$$

3.2.1.3.2 Tanques de almacenamiento de agua caliente para lavadoras

$$d_a = 0,05 + 2 \times Esp$$

$$d_a = 0,05 + 2 \times 0 = 0,05 m$$

$$h_c = 2,7241 \times 1,016 \times (0,05)^{-0,2} \times \left[\frac{1,11}{(397 + 297,13 - 510,44)} \right]^{0,181} \\ \times [1,8 \times (397 - 297,13)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times 10)^{0,5}$$

$$h_c = 7,98 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times 0,79 \times \frac{297,13^4 - 397^4}{297,13 - 397}$$

$$h_R = 1,32$$

$$h_s = 7,98 + 1,32$$

$$h_s = 9,3 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$q = \frac{\pi \times (397 - 297,13)}{\frac{1}{2 \times 0,35} \times \ln \frac{0,05}{0,05} + \frac{1}{9,3 \times 0,05}} = 145,9 W / m$$

$$q = \frac{145,9 \text{ W}}{m} \times 5,1 \text{ m} = 744,06 \text{ W} = 0,74 \text{ KJ/s}$$

3.2.1.3.3 Cocina

$$d_a = 0,012 + 2 \times Esp$$

$$d_a = 0,012 + 2 \times 0,025 = 0,063 \text{ m}$$

$$h_c = 2,7241 \times 1,016 \times 0,063^{-0,2} \times \left[\frac{1,11}{(404 + 295 - 510,44)} \right]^{0,181} \\ \times [1,8 \times (404 - 295)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times 10)^{0,5}$$

$$h_c = 7,76 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times 0,79 \times \frac{295^4 - 404^4}{295 - 404}$$

$$h_R = 1,36 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$h_S = 7,76 + 1,36$$

$$h_S = 9,12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$q = \frac{\pi \times (404 - 295)}{\frac{1}{2 \times 0,35} \times \ln \frac{0,063}{0,012} + \frac{1}{9,12 \times 0,063}} = 83,33 \text{ W/m}$$

$$q = \frac{83,33 \text{ W}}{m} \times 136 \text{ m} = 11332,9 \text{ W} = 11,32 \text{ KJ/s}$$

3.2.1.3.4 Cuarto de lavado, secado y planchado

A. Lavadoras

$$d_a = 0,012 + 2 \times Esp$$

$$d_a = 0,012 + 2 \times 0,025 = 0,063 \text{ m}$$

$$h_c = 2,7241 \times 1,016 \times (0,063m)^{-0,2} \times \left[\frac{1,11}{(353 + 292 - 510,44)} \right]^{0,181} \\ \times [1,8 \times (353 - 292)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times 10)^{0,5}$$

$$h_c = 7,07 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times 0,79 \times \frac{353^4 - 292^4}{353 - 292}$$

$$h_R = 1,05 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$h_S = 7,07 + 1,05$$

$$h_S = 8,12 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$q = \frac{\pi(353 - 292)}{\frac{1}{2 \times 0,35} \times \ln \frac{0,063}{0,012} + \frac{1}{8,12 \times 0,063}} = 44,32W/m$$

$$q = \frac{44,32W}{m} \times 154,7m = 68,56W = 6,85 KJ/s$$

B. Secadoras

$$d_a = 0,02 + 2 \times Esp$$

$$d_a = 0,02 + 2 \times 0,025 = 0,07m$$

$$h_c = 2,7241 \times 1,016 \times (0,07m)^{-0,2} \times \left[\frac{1,11}{(317,33 + 294 - 510,44)} \right]^{0,181} \\ \times [1,8 \times (317,33 - 294)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times 10)^{0,5}$$

$$h_c = 5,65 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times 0,79 \times \frac{317,33^4 - 294^4}{317,33 - 294}$$

$$h_R = 0,887 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$h_s = 5,65 + 0,887$$

$$h_s = 6,53 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$q = \frac{\pi(317,33 - 294)}{\frac{1}{2 \times 0,35} \times \ln \frac{0,07}{0,02} + \frac{1}{6,53 \times 0,07}} = 18,42 W/m$$

$$q = \frac{18,42 W}{m} \times 122,4 m = 2255,5 W = 2,25 KJ/s$$

C. Rodillo planchador (Calandra)

$$d_a = 0,02 + 2 \times Esp$$

$$d_a = 0,02 + 2 \times 0,025 = 0,07 m$$

$$h_c = 2,7241 \times 1,016 \times (0,07 m)^{-0,2} \times \left[\frac{1,11}{(393,33 + 297 - 510,44)} \right]^{0,181}$$

$$\times [1,8 \times (393,33 - 297)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times 10)^{0,5}$$

$$h_c = 7,42 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times 0,79 \times \frac{393,33^4 - 297^4}{393,33 - 297}$$

$$h_R = 1,3 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$h_s = 7,42 + 1,3$$

$$h_s = 8,72 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$q = \frac{\pi(393,33 - 297)}{\frac{1}{2 \times 0,35} \times \ln \frac{0,07}{0,02} + \frac{1}{8,72 \times 0,07}} = 88,28 W/m$$

$$q = \frac{88,28 W}{m} \times 137,7 m = 12156,6 W = 12,15 KJ/s$$

D. Equipo de Esterilización AMSCO

$$d_a = 0,012 + 2 \times Esp$$

$$d_a = 0,012 + 2 \times 0,025 = 0,062m$$

$$h_c = 2,7241 \times 1,016 \times (0,062m)^{-0,2} \times \left[\frac{1,11}{(361 + 289 - 510,44)} \right]^{0,181} \\ \times [1,8 \times (361 - 289)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times 10)^{0,5}$$

$$h_c = 7,36 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times 0,79 \times \frac{361^4 - 289^4}{361 - 289}$$

$$h_R = 1,08 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$h_S = 7,36 + 1,08$$

$$h_S = 8,44 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$q = \frac{\pi(361 - 289)}{\frac{1}{2 \times 0,35} \times \ln \frac{0,062}{0,012} + \frac{1}{8,44 \times 0,062}} = 53,13 W/m$$

$$q = \frac{53,13W}{m} \times 189,35m = 10060,91W = 10,06KJ/s$$

E. Equipo de esterilización GETINGE

$$d_a = 0,012 + 2 \times Esp$$

$$d_a = 0,012 + 2 \times 0,025 = 0,062m$$

$$h_c = 2,7241 \times 1,016 \times (0,062m)^{-0,2} \times \left[\frac{1,11}{(380 + 289 - 510,44)} \right]^{0,181} \\ \times [1,8 \times (380 - 289)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times 10)^{0,5}$$

$$h_c = 7,66 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$h_R = 0,982 \times 10^{-8} \times 0,79 \times \frac{380^4 - 289^4}{380 - 289}$$

$$h_R = 1,183 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$h_S = 7,66 + 1,183$$

$$h_S = 8,84 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

$$q = \frac{\pi(380 - 289)}{\frac{1}{2 \times 0,35} \times \ln \frac{0,062}{0,012} + \frac{1}{8,84 \times 0,062}} = 68,54 W/m$$

$$q = \frac{68,54 W}{m} \times 191,9 m = 13154,32 W = 13,1 KJ/s$$

3.2.2 PÉRDIDAS TOTAL EN TUBERÍAS

En la tabla 3.2 se detalla las pérdidas en cada uno de los sectores de consumo de vapor.

Tabla 3.2 Sectores de consumo de vapor

Pérdidas distintos sectores	q (KJ/s)
Tanque de agua caliente para sanitarios	0,39
Tanque de agua caliente para lavadoras	0,74
Cocina	11,32
Lavadoras	6,85
Secadoras	2,25
Calandra	12,15
Esterilización AMSCO	10,06
Esterilización GETINGE	13,1
TOTAL	56,86

Fuente: Berrones, Ponce

$$q_{total} = \sum \text{Áreas de consumo de vapor} \quad [\text{ec. 3.13}]$$

$$q_{total} = 56,86 \frac{KJ}{s} \times \frac{3600s}{h} \times \frac{15h}{\text{día}} \times \frac{365\text{días}}{\text{año}}$$

$$q_{total} = 1120710600 \frac{KJ}{\text{año}}$$

3.2.3 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CALOR EN LAS TRAMPAS DE VAPOR

El Hospital, desde el punto de vista de consumo de vapor, se lo ha dividido en 7 sectores, los cuales cada uno cuenta con sus máquinas específicas para realizar cada trabajo.

Para reconocer fácilmente los equipos, se realizó una codificación. En la tabla 3.3 se detallan los diferentes sectores con sus respectivos equipos.

Tabla 3.3 Sectores de consumo de vapor

Nº	Sector	Equipo
1	Esterilización	Autoclave
		Autoclave
2	Lavandería	Lavadora
		Lavadora
3	Secado	Secadora
		Secadora
4	Planchado	Calandra
5	Cocina	Marmita
		Marmita
		Marmita
		Marmita
		Marmita
6	Calentamiento de agua	Intercambiador de calor de tubos y coraza "lavandería"
		Intercambiador de calor de tubos y coraza "lavabos y sanitarios"
7	Piscina	Piscina

Fuente: Berrones, Ponce

Los sectores de mayor consumo de vapor y de mayor trabajo, son los sectores 1 al 6 a petición del Jefe de Mantenimiento del Hospital, por lo cual se procede a su análisis.

Con los datos de la tabla 2.5 se procede al cálculo de las pérdidas que existe en las trampas de vapor de cada sector, después de un análisis se encontró en el sector de planchado tres trampas de vapor averiadas.

Tabla 3.4 Trampas de vapor existentes en área de planchado

Características de las Trampas de Vapor			
Cantidad	Tipo de Trampa	Diámetro	Cantidad averiadas
1	Balde Invertido	2"	1
3	Balde Invertido	¾"	2
1	Globo	2 ½ "	
1	Globo	1 ½ "	

Fuente: Berrones, Ponce

El flujo de vapor que se fuga por una trampa o una línea de vapor en malas condiciones, se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$W_{vf} = \frac{\left\{ \left[\frac{0,8 \times 0,418 \times \pi}{4} \right] \times D \times (P \times 14,502) \right\} \times 0,4536}{\{1,8 \times T\}} \quad [\text{ec. 3.14}]$$

Dónde:

W_{vf} = Vapor que se fuga, Kg/s

D = Diámetro de la línea de vapor, mm

P = Presión del vapor de la línea, bar

T = Temperatura del vapor en la línea, °C

Para el cálculo es necesario acotar que la descarga de la trampa de vapor es a la atmósfera.

Calor perdido por las trampas de vapor:

$$Q_{vf} = W_{vf} \times \Delta h_v \quad [\text{ec. 3.15}]$$

Dónde:

Q_{fv} = Calor perdido en la trampa para vapor, KJ/s

W_{vf} = Vapor que se fuga, Kg/s

$$\Delta h_v = h_{vf} - h \quad [\text{ec. 3.16}]$$

Δh_v = Entalpía de vapor en la línea, KJ/Kg.

h_{vf} = Entalpía del sistema donde se fuga el vapor.

h = Entalpía del agua a la temperatura del sistema de alimentación, si se tiene retorno de condensado.

Trampa de balde invertido de 2"

$$W_{vf} = \frac{\left\{ \left[\frac{0,8 \times 0,418 \times \pi}{4} \right] \times \frac{2}{25,4} \times (10 \times 14,502) \right\} \times 0,4536}{\{[1,8 \times (393,33)]\}} = 1,92 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Trampa de balde Invertido $\frac{3}{4}$ "

$$W_{vf} = \frac{\left\{ \left[\frac{0,8 \times 0,418 \times \pi}{4} \right] \times \left(\frac{0,75}{25,4} \right) \times (10 \times 14,502) \right\} \times 0,4536}{\{[1,8 \times (393,33)]\}}$$

$$W_{vf} = 7,205 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

Este tipo de trampa en el análisis se encontró dos trampas de las mismas, donde:

$$W_{vf} = 2 \times 7,205 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 1,44 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Calculo de entalpias:

$$h_{vf@120.33^\circ\text{C}} = 2706,77 \text{ KJ/kg}$$

$$h_{@24^{\circ}\text{C}} = 100,71 \text{ KJ/Kg}$$

Cálculo de las pérdidas de calor en la trampa

$$Q_{vf} = W_{vf} \times \Delta h_v$$

Para trampa de balde invertido de 2”:

$$Q_{vf} = 1,92 \times 10^{-3} \times (2706,77 - 100,71) = 5\text{KJ/s}$$

Para trampa de balde invertido ¾ “:

$$Q_{vf} = 7,205 \times 10^{-4} \times (2706,77 - 100,71) = 1,87\text{KJ/s}$$

Pérdida de calor total es: 6,87KJ/s

$$q_{total\ trampas} = 6,87 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} \times \frac{3600\text{s}}{\text{h}} \times \frac{15\text{h}}{\text{día}} \times \frac{365\text{días}}{\text{año}}$$

$$q_{total\ trampas} = 135558801,4 \frac{\text{KJ}}{\text{año}}$$

CAPITULO IV

4 FORMULACIÓN DE EFICIENCIA, PRUEBAS Y RESULTADOS.

4.1 FORMULACIÓN DE EFICIENCIA Y PÉRDIDA EN LA CALDERA.

Las calderas forman parte de los equipos más utilizados por la industria y, junto con los hornos industriales, son los responsables del mayor porcentaje de consumo de combustibles en éste sector; por lo tanto, el mantenerlas trabajando con una buena eficiencia rinde beneficios importantes para las empresas.

Su potencia o tamaño abarca un espectro muy amplio, desde las calderas de poca potencia utilizadas en la pequeña empresa, hasta las utilizadas por las grandes plantas generadoras de energía eléctrica.

4.1.1 EFICIENCIA DE LAS CALDERAS

La eficiencia térmica es el indicador de trabajo de un generador de vapor que caracteriza el grado de aprovechamiento de la energía suministrada por el combustible, es decir, la parte de esa energía que ha sido transferida al agente de trabajo, en la tabla 4.1 no indica la eficiencia típica de calderas.

Tabla 4.1 Eficiencia típica de calderas según PCS

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

Fuente: CONAE 2007

Existen dos métodos para calcular su eficiencia, el “método directo” y el “método indirecto de pérdidas.

4.1.1.1 Método Directo

En el método directo, la eficiencia de una caldera se define como la relación entre la energía aprovechada en la transformación del agua en vapor, y la energía suministrada por el combustible. Se expresa normalmente en forma de porcentaje:

$$\text{Eficiencia de la caldera} = \frac{\text{Calor que sale con el vapor producido}}{\text{Calor suministrado por el combustible}} \times 100\% \quad [\text{ec. 4.1}]$$

$$n_d = \frac{Q_1}{Q_d} \times 100\% \quad [\text{ec. 4.2}]$$

Dónde:

Q_1 = Calor útil

Q_d =Calor disponible

$$n_d = \frac{\dot{m}_{\text{vapor}} \times (h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}})}{\dot{m}_{\text{comb}} \times \text{PCI}} \quad [\text{ec. 4.3}]$$

Dónde:

\dot{m}_{vapor} = Flujo de vapor (kg/h)

h_{vapor} = Entalpía del vapor (kJ/kg)

h_{agua} = Entalpía del agua de alimentación (kJ/kg)

\dot{m}_{comb} = Consumo de combustible (kg/h)

PCI = Poder calorífico inferior del combustible (kJ/kg)

4.1.1.2 Método indirecto

En el método indirecto o de pérdidas, la eficiencia se calcula restándole a 100 el valor de las pérdidas de calor; también se expresa como un porcentaje:

$$\text{Eficiencia de la caldera} = (100 - \text{pérdidas})\%$$

$$n_i = 100 - \sum q_d, \% \quad [\text{ec. 4.4}]$$

Dónde:

q_d = Sumatoria de pérdidas térmicas.

Dentro de las pérdidas se consideran:

- Pérdidas de calor sensible en gases de combustión.
- Pérdidas por combustible no quemado.
- Pérdidas por radiación.
- Pérdidas de calor en purgas y otros.

4.1.1.3 Calor que sale con el vapor

Este valor se calcula mediante el uso de las “Tablas de vapor”; para esto se necesita conocer:

- La temperatura del agua de alimentación.

- La presión a la cual se está produciendo el vapor.
- Flujo de vapor.

4.1.1.4 Calor suministrado por el combustible

Se calcula en base a la cantidad de combustible suministrado (m) y su poder calorífico (PC).

$$Q_{suministrado} = m \times PC \quad [\text{ec. 4.5}]$$

4.1.1.5 Poder calorífico

Este valor puede expresarse como poder calorífico bruto o neto

4.1.1.6 Poder calorífico bruto (PCB)

Es la cantidad total de energía contenida en el combustible. Sin embargo, la mayoría de los combustibles contienen hidrógeno, que durante el proceso de combustión se mezcla con el oxígeno del aire para formar agua, la cual pasa a la chimenea en forma de vapor.

4.1.1.7 El poder calorífico neto (PCN)

Es la cantidad de calor que se produce en la combustión, con exclusión del calor no recuperable. Equivale al calor del proceso de combustión que se aprovecha en la práctica. Para el carbón (sólidos) y los combustibles líquidos es un 5% menor que el PCB, para las diversas modalidades de gas natural y procesados es del 10%, mientras que en la electricidad no hay diferencia alguna entre el PCB y PCN.

4.1.2 CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE CALOR

Además de los problemas que se tienen en el quemador, el hogar y los derivados de la relación aire/combustible para obtener una combustión completa y eficiente, existen otras fuentes de pérdidas de calor y eficiencia. La evaluación de éstas se

utiliza para determinar la eficiencia de la caldera en el método indirecto o de pérdidas.

4.1.2.1 Pérdidas de humos

Para determinar las pérdidas del calor sensible de los humos q_{hs} se puede utilizar la fórmula de Siegert, de la forma:

$$q_{hs} = K \frac{t_h - t_a}{CO_2 - CO}, \% \quad [\text{ec. 4.6}]$$

Dónde:

q_{hs} = Pérdida de calor sensible de los humos.

K = Constante de Hassenstein.

t_h = Temperatura de los gases en la chimenea.

t_a = Temperatura ambiente.

CO_2, CO = Porcentaje de anhídrido de carbono y monóxido de carbono contenido en los gases de escape.

Para combustibles la constante de Hassenstein se toma entre el rango 0,56 a 0,58.

El CO máximo permitido es del 0,1%.

Para este porcentaje las pérdidas por inquemados suelen oscilar entre el 0,4% y el 0,8%.

Para un 1% de contenido de CO las pérdidas son importantes, y se sitúan entre el 4% y 7%.

4.1.2.2 Pérdidas de calor en gases de combustión

Esta es probablemente la fuente de pérdida de calor más importante y, por lo mismo, los ingenieros de la empresa deben reducirla al máximo posible.

Las pérdidas se producen debido a la temperatura y volumen de los gases que salen por la chimenea: a mayor temperatura de los gases, menor es la eficiencia de la caldera.

Los gases pueden estar demasiado calientes por una de dos razones:

1. El quemador está produciendo más calor que el que se requiere para la carga específica de la caldera.

Esto indica que el quemador y el mecanismo de la compuerta de aire requieren mantenimiento y recalibración.

2. Las superficies de calefacción de la caldera no están funcionando correctamente y el calor no se está transfiriendo al agua.

Esto significa que las superficies de calefacción están sucias o con incrustaciones y necesita limpieza

Se debe tener cuidado al reducir la temperatura de los gases de combustión, ya que demasiado enfriamiento puede reducir la temperatura de los gases por abajo del “punto de rocío”, lo que aumenta la posibilidad de corrosión por la formación de:

- Ácido nítrico (del nitrógeno del aire utilizado para la combustión).
- Ácido sulfúrico (si el combustible contiene azufre).
- Agua.

Para una evaluación aproximada de la pérdida por combustión incompleta puede utilizarse la siguiente expresión recomendada por la DIN.

$$q_2 = \frac{60CO}{CO_2+CO} \times 100 (\%) \quad [\text{ec. 4.7}]$$

Dónde:

CO₂, CO = Porcentaje en volumen de dióxido de carbono y monóxido de carbono contenido en los gases de escape.

4.1.2.3 Pérdidas por radiación

Debido a que la caldera está más caliente que el medio ambiente donde se encuentra, una parte de su calor se transfiere a su alrededor. Un aislamiento

dañado o mal instalado aumentará considerablemente el potencial de pérdida de calor por radiación.

Una caldera, de tubos de humo o de agua, de 5MW, razonablemente bien aislada, tendrá una pérdida por radiación de 0,3 a 0,5 % de su energía.

En las calderas de menor potencia, el porcentaje de pérdida por radiación puede variar desde 1.3%; para una caldera de 600 cm³ hasta 3,0% para una caldera de 50 cm³.

Estos porcentajes corresponden a plena carga y esta pérdida permanecerá constante, incluso si la caldera no está enviando vapor a proceso y se mantiene simplemente en "stand by"

Lo anterior también indica que, para operar más eficientemente, la caldera debe trabajar cerca de su máxima capacidad; a su vez, esto requiere una buena coordinación entre la casa de máquinas y el departamento de producción.

Algunos factores que influyen en el incremento de las pérdidas de calor son:

- El deterioro del aislamiento térmico
- La operación de cargas reducidas

4.1.2.4 Pérdidas en purgas

El objetivo de ésta operación es la extracción de sólidos disueltos y en suspensión dentro de la caldera, ya que al vaporizarse el agua, la concentración de sólidos aumenta en el agua que queda, lo cual conduce a problemas de incrustación importantes ya que, entre otros efectos negativos, reducen significativamente la tasa de transferencia de calor del combustible al agua, reduciendo con ello la eficiencia de la caldera.

La purga se realiza extrayendo agua de la parte inferior de la caldera, donde se encuentran más concentrados los sólidos disueltos y en suspensión e introduciendo agua de alimentación con una concentración muy baja.

Hay que buscar el nivel adecuado de purga que se le debe dar a la caldera, una purga insuficiente no impide la formación de fangos, incrustaciones y arrastres mientras que una purga excesiva producirá pérdidas de calor elevadas.

Las pérdidas de purgas están asociadas a la diferencia de temperatura entre el agua (saturada) extraída de la caldera para mantener la concentración de sustancias perjudiciales dentro del rango reconocido.

$$q_3 = \frac{D_p(h_{ls} - h_{aa})}{B_c} \quad [\text{ec. 4.8}]$$

Dónde:

q_3 = Calor perdido con las purgas por unidad de combustible, (kJ/kg)

D_p = Gasto de agua extraída, (kg/h). Oscila entre el 1 y 4 % del gasto de vapor.

h_{ls} = Entalpía del agua de la caldera (líquido saturado a la presión del domo) ⁴, (kJ/kg)

h_{aa} = Entalpía del agua de alimentación⁵, (kJ/kg)

B_c = Gasto de combustible⁶, (kg/h)

4.1.2.5 Cálculos de Pérdidas:

4.1.2.5.1 Pérdidas de los humos

$$K = 0,57$$

$$t_h = 204^\circ\text{C}$$

$$t_a = 24^\circ\text{C}$$

$$CO_2 = 3,2\%$$

$$CO = 0,0001\%$$

⁴ Presión del domo es de 140Psi

⁵ Temperatura del agua de alimentación es de 60°C

⁶ Consumo de combustible es de 450Gal/diarios

$$q_{hs} = 0,57 \frac{204 - 24}{3,2 - 0,0001} = 32,06\%$$

El porcentaje de pérdidas de humo debido a la combustión es el 32,06%

4.1.2.5.2 Pérdidas de calor en gases de combustión

$$q_1 = \frac{60 \times (0,0001)}{3,2 + 0,0001} = 0,19\%$$

Las pérdidas en gases de combustiones 0,19%

4.1.2.5.3 Pérdidas por radiación

$$q_{radiación} = \frac{q_{caldera} + q_{chimenea}}{B_c} \quad [\text{ec. 4.9}]$$

$$B_c = \frac{450 \text{Gal}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{día}}{15 \text{h}} \times \frac{3,785 \text{L}}{1 \text{Gal}} \times \frac{0,88 \text{kg}}{1 \text{L}} = 99,92 \text{kg/h}$$

$$q_{radiación} = \frac{5838,99 \text{KJ/h} + 3627,79 \text{KJ/h}}{99,92 \text{kg/h}} = 94,74 \text{KJ/kg}$$

El porcentaje de pérdidas por radiación es de 0,03%

4.1.2.5.4 Pérdidas por purgas

$$D_p = 233,56 \text{kg/h}$$

$$h_{ls} = h_{f@140\text{Psi}} = 756,02 \text{KJ/kg}$$

$$h_{aa} = h_{f@60^{\circ}\text{C}} = 251,18\text{KJ/kg}$$

$$B_c = 99,92\text{kg/h}$$

Siendo:

$$q_3 = \frac{D_p(h_{ls} - h_{aa})}{B_c}$$

$$q_3 = \frac{233,56 \times (756,02 - 251,18)}{99,92} = 1180,04\text{KJ/kg}$$

El porcentaje de pérdidas por purgas es de 0,4%

Porcentaje de perdidas total es de 32,687%

La eficiencia de la caldera es de 67,32%

4.1.2.6 Vectores Energéticos

Se denominan “vectores energéticos” los sistemas empleados para transportar la energía desde el punto de producción (central energética) hasta el punto de consumo (lámpara, calefactor, ascensor, máquina de cualquier tipo, automóvil, etc.).

4.1.2.6.1 Consumo específico

Matemáticamente, el consumo específico se define como el coeficiente entre la cantidad total consumida de un insumo cualquiera (por ejemplo materia prima, gas natural, agua, diesel, etc.) y el volumen de producción. El volumen de producción se define como la cantidad total de producto producido durante un periodo de tiempo determinado

Consumo específico de combustible es el valor que puede calcularse entre las estadísticas de producción de vapor vs. Las de consumo de combustible o bien, mediante la evaluación del comportamiento de la caldera y el cálculo de su

eficiencia. El valor del consumo específico en cada generador de vapor se obtiene de la siguiente expresión.

$$CE = \frac{n_g \times PCI}{h_v - h_{aa}} \quad [\text{ec. 4.10}]$$

Dónde:

CE= Consumo específico de combustible.

η_g = Eficiencia de la caldera.

PCI = Poder calorífico inferior del combustible, kJ/kg o kJ/m³

h_v = Entalpía del vapor a la presión de trabajo, KJ/kg

h_{aa} = Entalpía del agua de alimentación, KJ/kg

Cálculo del consumo de combustible

$$h_v = h_{g@140\text{Psi}} = 2776,7\text{KJ}/\text{kg}$$

$$h_{aa} = h_{f@60^\circ\text{C}} = 251,18\text{KJ}/\text{kg}$$

$$PCI = 45914\text{kJ}/\text{kg}_c$$

$$CE = \frac{0,6732 \times 45914}{2776,7 - 251,18} = 1,12\text{kg}/\text{kg}_c$$

4.1.3 COSTOS DE GENERACIÓN DE VAPOR

Para determinar el costo de generación de vapor y cuáles son las variables de las que depende, además de entregar valores referenciales para distintos combustibles.

Tal como podrá ser observado, el costo del combustible tiene un alto impacto en el costo del vapor y, por lo tanto, resulta muy relevante al momento de evaluar distintas alternativas de combustibles para una caldera.

En la figura 4.1, es posible observar la incidencia de cada uno de estas variables en el costo total asociado a la generación de vapor para una situación típica de funcionamiento de calderas, que utilizan petróleo o gas como combustible.

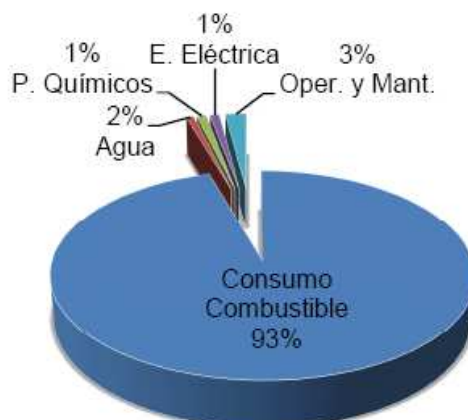


Figura 4.1. Costo asociado a la generación de vapor.

Fuente: THERMAL ENGINEERING LTDA.

Como se puede observar, el costo asociado al combustible representa sobre el 90 % del costo de generación de vapor, al usar gas o petróleo como combustibles.

En el caso de combustibles sólidos como el carbón o la biomasa, cuyo costo es menor al del petróleo o gas, su influencia es menor, pero siempre sigue siendo más importante que los otros costos involucrados.

Precio actual del diesel en el Ecuador es de 1,008USD como indica en la tabla 4.2 según Petroecuador.

Tabla 4.2. Costos del combustible en el Ecuador

Precios Nacionales	
Extra	1,46 USD
Super	1,88 USD
Diesel	1,008 USD

Fuente: PETROECUADOR

En la siguiente tabla 4.3 se muestra las propiedades del diesel que permita realizar los cálculos.

Tabla 4.3 Propiedades del Diesel

Requisitos	Unidad	Mínimo*	Máximo	Método Ensayo
Punto de Inflamación	°C	40	--	INEN 1047
Corrosión Lámina de Cobre	--	--	N° 2	INEN 927
Temperatura de Destilación 90%	°C	--	288	INEN 926
Agua y Sedimentos	% en V	--	0,15	INEN 1494
Índice de Cetano Calculado	--	40	--	INEN 1495
Residuo Carbonoso sobre el 10% del residuo	% en peso	--	0,15	INEN 1491
Cenizas	% en peso	--	0,01	INEN 1492
Viscosidad Cinemática 38°C	cSt	1,3	3,00	INEN 810
Contenido de Azufre	% en peso	--	0,30	INEN 1049
Calor de Combustión	KJul/Kg.	--	45914	ESTIMADO

Fuente: Petrocomercial

Cálculo de precio por unidad de masa:

$$p_1 = 0.900704 \frac{USD}{Gal} \times \frac{1Gal}{3,785l} \times \frac{1l}{0,88kg} = 0,2704 \frac{USD}{kg_c}$$

Para determinar el precio de la energía transformada por unidad de masa de la caldera se divide para la eficiencia de la caldera.

$$n_g = 67,32\%$$

$$p_2 = \frac{0,31 \frac{USD}{kg_c}}{0,6732} = 0,46 \frac{USD}{kg_c}$$

El cálculo del precio de la unidad de masa de vapor generado es resultado de multiplicar consumo específico de energía con el precio de combustible por unidad de masa.

$$1,12 \frac{kg_v}{kg_c} \times \frac{kg_c}{0,2704USD} = 4,14 \frac{kg_v}{USD}$$

El costo por unidad de masa del kilogramo de vapor, es decir:

$$\frac{1}{4,14 \frac{kg_v}{USD}} = 0,24 \frac{USD}{kg_v}$$

El costo de kilo Joule de vapor es dividiendo para la entalpía de vapor a la presión de generación ($h_v@140Psi$).

$$\frac{0,24 \frac{USD}{kg_v}}{2776,7KJ/kg} = 8,64 \times 10^{-5} \frac{USD}{kJ}$$

Para obtener las pérdidas de los costos económicos por pérdidas de energía se obtiene multiplicando las pérdidas de vapor por año con el costo de kilo Joule.

Tabla 4.4 Costo anual por pérdidas de energía

ELEMENTOS	PÉRDIDAS ENERGÍA (kJ/año)	COSTO (USD/kJv)	COSTO ANUAL (USD/año)
Caldera	31968470.25	8,64E-05	2,762.08
Tuberías	1120710600	8,64E-05	96829,39
Trampas de Vapor	135558801,4	8,64E-05	11712,28
TOTAL			111303,75

Fuente: Berrones, Ponce

4.1.4 PROPUESTAS DE MEJORA

Las propuestas de mejoras al sistema energético estudiado, serán analizadas en lo tecnológico y económicamente para ser implementadas:

1. Reemplazo de las trampas de vapor dañadas.
2. Reparación de fugas en válvulas y tubería.
3. Instalación del sistema de recuperación de vapor “flash”.
4. Cambio del material aislante en diferentes zonas de la tubería de distribución.

4.1.4.1 Instalación del sistema de recuperación de vapor “flash”.

El sistema de vapor flash se define como el vapor flash ó re vaporizado es un vapor con las mismas características que un vapor vivo y se forma cuando un condensado pasa de una presión a otra inferior.

En todas las líneas y equipos de vapor siempre hay condensación debido al gradiente térmico existente entre sus paredes interiores, en contacto con el vapor y sus paredes exteriores que están a temperatura ambiente (tengan aislamiento o

no). Mediante un sistema de recuperación de condensado se intenta recuperar no solo la masa de agua tratada sino también la energía térmica contenida en ella.

4.1.4.1.1 Selección del tanque de vapor “flash” proveniente de la purga

Para ayudar a mantener el agua de alimentación a una temperatura de 60°C, y con ello lograr beneficios técnicos y económicos, se puede adaptar un sistema de recuperación de calor, es decir que la energía existente en la purga no sea desperdiciada por tuberías de desagüe hacia el ambiente, sino que este calor recuperado sea útil en la planta.

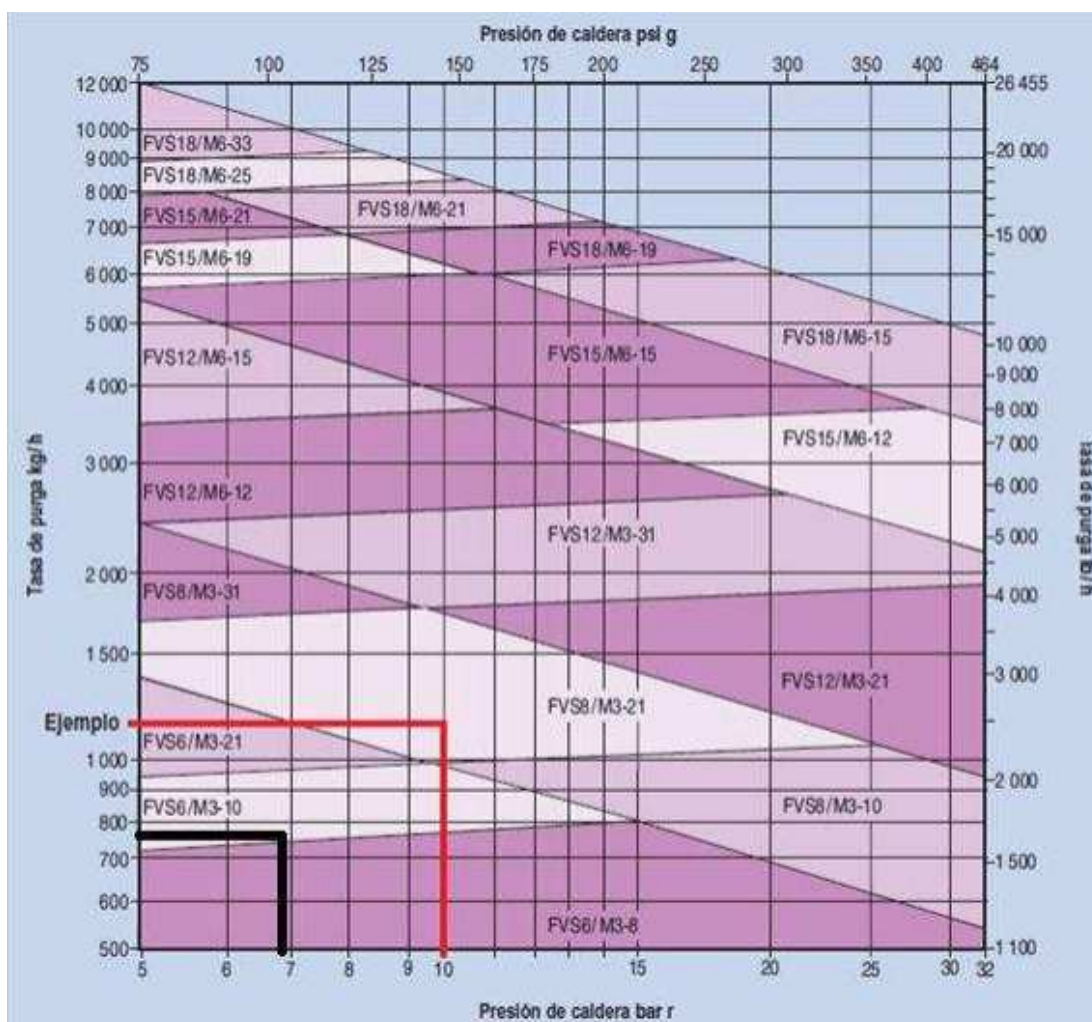


Figura 4.2. Diagrama de tasa de purga y presión de la caldera

Fuente: Spirax Sarco

4.1.4.2 Cálculo de la cantidad de purga.

Considerando:

F= TDS agua alimentación (ppm)

B= TDS deseados en caldera (ppm)

S= Producción de vapor (kg/h)

P=Caudal de purga (kg/h)

Se obtiene la cantidad de agua a purgar:

$$P = \frac{F \times S}{B - F} \quad [\text{ec. 4.11}]$$

Entonces:

$$P = \frac{500(\text{PPM}) \times 10350 \frac{\text{lb}}{\text{h}}}{(3500 - 500)\text{PPM}} = 1725 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

$$P = 784,09 \text{kg/h}$$

De la figura 4.3 se puede observar que se elige un tanque FVS6/M310, la cual se da por la intersección de 100 psia y 784,09 kg/h.

Los accesorios necesarios para el sistema del tanque y el intercambiador del calor se describen en el Anexo D.

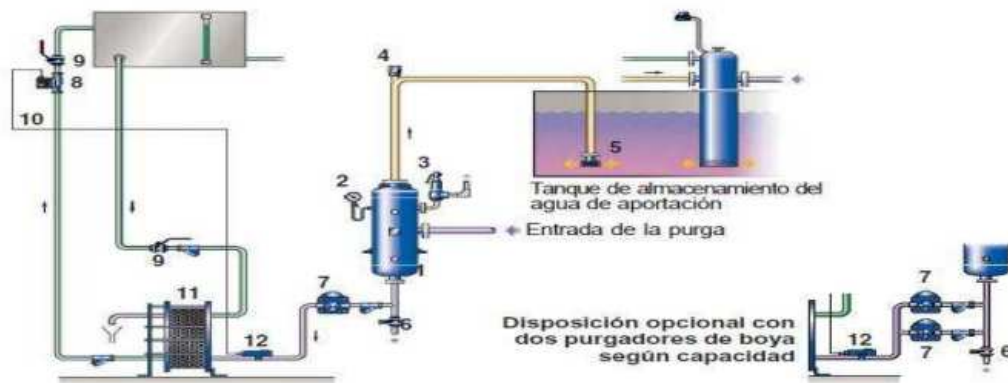


Figura 4.3. Accesorios en el tanque y en el intercambiador de calor

Fuente: Spirax Sarco

Dimensionamiento del tanque de revaporización

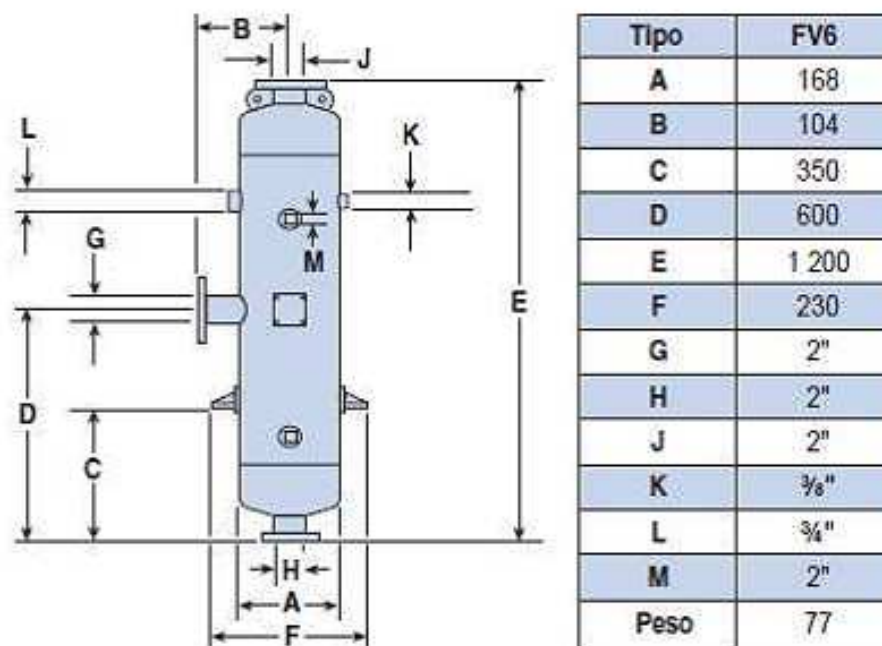


Figura 4.4. Dimensiones del tanque de re vaporización

Fuente: Spirax Sarco

4.1.4.3 Selección del tanque de vapor “flash” proveniente del condensado.

El tanque se instala en posición vertical, la salida del vapor se debe de tener en la parte superior, y la descarga del condensado en la parte inferior la entrada del condensado debe de estar 150-200 mm más arriba que la descarga de condensado.

Una dimensión importante es el diámetro interior, que debe ser suficientemente grande de manera que la velocidad del vapor flash hacia la salida en la parte superior no sea muy elevada, y así minimizar la cantidad de líquido que se acarrea con el vapor flash.

La velocidad comprobada dentro del tanque es de 3 m/s, se mantiene una buena separación del vapor y el agua. Con esto se calcula los diámetros internos apropiados para diferentes cantidades de vapor flash; los resultados están en la figura 4.6, definiendo los mínimos diámetros interiores recomendados.

La figura 4.6 no toma en cuenta la presión dentro del tanque, solo el peso de los fluidos.

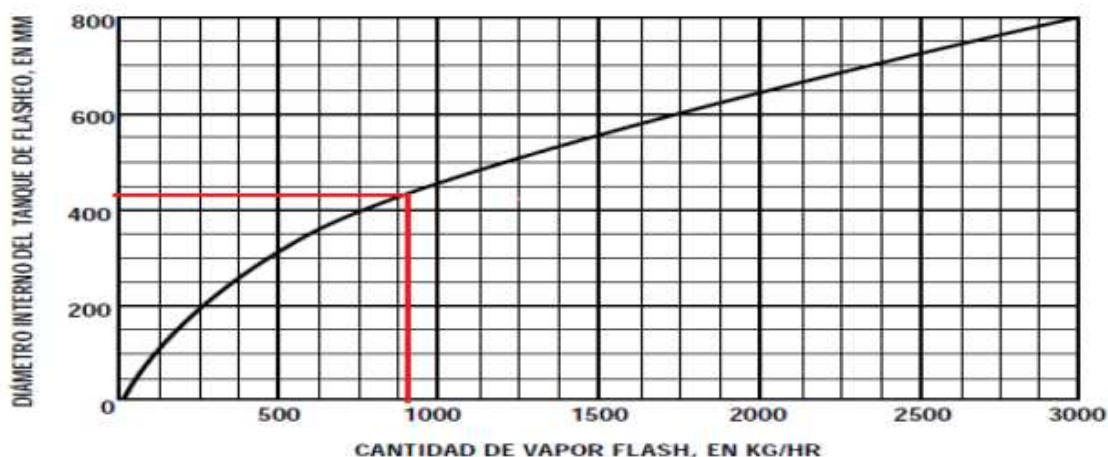


Figura 4.5. Diámetro vs cantidad de vapor flash

Fuente: Armstrong

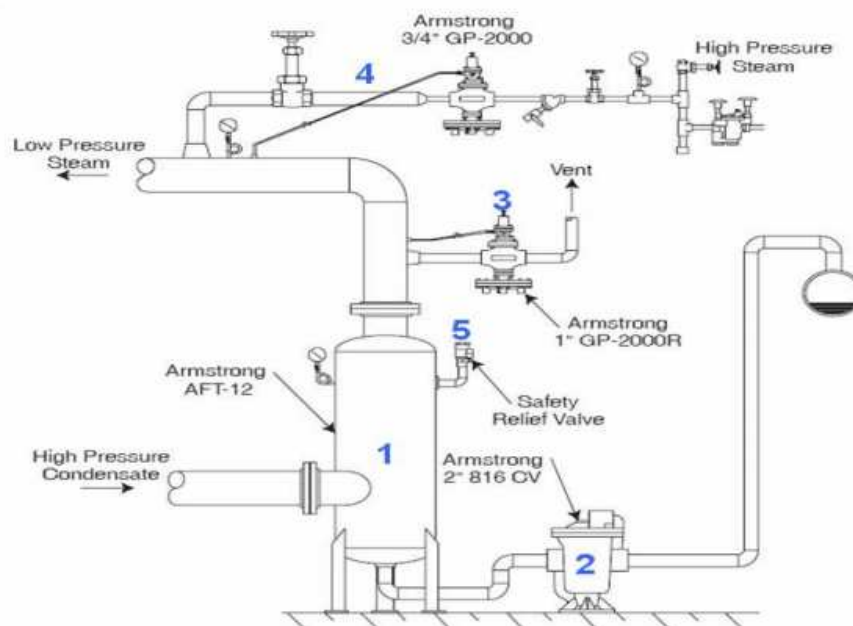


Figura 4.6. Esquema de la instalación del tanque de re vaporización

Fuente: Armstrong

En la figura 4.7 se puede apreciar los siguientes componentes:

- 1.- Tanque flash: que es el reservorio en donde llega el condensado a condiciones de saturación y se expande la presión deseada.
- 2.- Sistema de extracción de condensado: que en éste caso está compuesto solo por la trampa de vapor y que lleva el condensado a baja presión hasta la línea de retorno de condensado.
- 3.- Válvula de contra presión con piloto externo: es el corazón del sistema de recuperación de vapor ya que sirve para mantener el tanque flash a la presión a la que se va a recuperar el vapor flash.
- 4.- Línea de alimentación de vapor: ésta línea sirve para alimentar de vapor al equipo que se suministra vapor en caso que el sistema de recuperación de vapor entre a mantenimiento.
- 5.- Válvula de venteo: que sirve para expeler todos los gases incondensables que entren a éste sistema.

4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

4.2.1 INVERSIÓN EN MATERIALES Y EQUIPO

A continuación se detalla la lista de precios de accesorios y materiales para la instalación y construcción de tanques y mejoras en la tubería: Estas listas de precios fue proporcionada en noviembre 2012.

4.2.1.1 Costo de inversión del tanque del vapor flash proveniente de la purga

En la tabla 4.4 se detalla los costos para la implementación del vapor flash proveniente de las purgas.

Tabla 4.5 Costos del tanque de vapor flash proveniente de la purga e instalación de accesorios

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO DE CONEXIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Tubería 1200X168		461,44	461,44
1	Filtro de bomba	1 1/4"	17,73	17,7263
1	Manómetro 0-100Psi	2"	5,15	5,15
1	sifón –U	1 1/2"	8,03	8,03
1	Grifo de purga	1"	4,64	4,64
1	Válvula de Seguridad	1/2" x 3/4"	41,22	41,22
1	Rompedor de vacío	1/2"	17,80	17,80
1	Distribuidor de vapor	1 1/2"	21,78	21,78
2	Válvula de descarga		61,82	123,64
1	Purgador	1 1/2"	22,40	22,40
1	Bomba eléctrica 1HP	1"	221,03	221,03
2	Válvula esférica	1 1/4"	41,22	82,44
1	Intercambiador de Calor	1 1/2"	265,36	265,36
2	Tubo negro	1 1/2"	8,10	16,19
1	Tubo negro	2"	10,25	10,25
1	Trampa	1"	136,99	136,99
1	Mano de Obra		1545	1545
1	Otros		120	120
			TOTAL	3121,09

Fuente: Berrones, Ponce

4.2.1.2 Costo de inversión del tanque del vapor flash proveniente de la tubería de retorno

En la tabla 4.5 se detalla los costos para la implementación del vapor flash proveniente de las tuberías de retorno.

Tabla 4.6 Costos del tanque de vapor flash proveniente de la tubería de retorno

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO DE CONEXIÓN	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
1	Manómetro 0-100		576,80	576,80
1	Manómetro 0-100Psi	2"	5,15	5,15
1	sifón –U	1 1/2"	8,03	8,03
1	Grifo de purga	1"	4,64	4,64
1	Válvula de Seguridad	½" x ¾"	41,22	41,22
1	Rompedor de vacío	1/2"	17,80	17,80
1	Distibuidor de vapor	1 1/2"	21,78	21,78
2	Válvula de descarga	2"	61,82	123,64
1	Purgador	1 1/2"	22,40	22,40
1	Bomba eléctrica 1HP	1"	221,03	221,03
1	Valvula de esfera	1 1/4"	41,22	41,22
1	Filtro de bomba	1 1/4"	17,73	17,73
2	Tubo negro	1 1/2"	8,10	16,19
1	Tubo negro	1"	10,25	10,25
2	Trampa termodinámica	1"	136,99	273,98
1	Mano de obra		1287,50	1287,50
1	Otros		120	120
			TOTAL	2809,36

Fuente: Berrones, Ponce

4.2.1.3 Costo de inversión de tuberías y accesorios del sistema de vapor.

En la tabla 4.6 se detalla los costos para los cambios estimados en tuberías y accesorios.

Tabla 4.7 Costos de tubería y accesorios e instalación

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO DE CONEXIÓN	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
26	Tubo negro	3/4"	3,96	103,08
13	Tubo negro	1"	5,21	67,92
13	Tubo negro	1 1/2"	8,10	105,50
143	Tubo negro	2"	10,25	1469,05
13	Tubo negro	2 1/2"	16,02	208,71
50	Tubo negro	1/2"	3,02	157,31
10	Valvulas Check	1/2"	12,36	123,60
10	Codos	1/2"	0,74	7,42
	Mano de Obra		2317,50	2317,50
	Otros		200	200
			TOTAL	4760,09

Fuente: Berrones, Ponce

4.2.1.4 Inversión total de los cambios a realizarse en el sistema de retorno y condensado en el Hospital.

En la tabla 4.7 se determina que los costos totales en tanques de vapor flash así como los costos de reparación en tuberías y cambio de accesorios.

Tabla 4.8 Inversión total

INVERSION	
Tanque de vapor flash (Purgas)	3121,09
Tanque de vapor flash (Retorno)	2809,32
Reparaciones	4760,09
TOTAL	10690,50

Fuente: Berrones, Ponce

4.2.2 RECUPERACION DE LA INVERSION

Para la determinación del tiempo de recuperación (TR) se aplicará la siguiente expresión:

$$TR = \frac{Inversion}{Ahorro\ mensual} \quad [ec. 4.12]$$

Con los datos de los costos económicos de las pérdidas de energía de la tabla.

4.4 entonces:

$$Ahorro\ mensual = \frac{111303,75}{12} = 9275,31 \frac{USD}{m\text{ensual}}$$

$$TR = \frac{10690,50}{9275,31} = 1,15$$

El tiempo de recuperación estimado es de 2 meses a partir del momento de aplicación de los cambios determinados en los estudios realizados.

4.2.2.1 Cálculo del VAN, TIR.

Según datos del Banco Central del Ecuador, se ha determinado que la tasa de interés activa promedio se encuentra en un 17%. Este valor se tomara en cuenta para el cálculo del TIR y el VAN.

VAN

El valor actual neto también conocido valor actualizado neto, es un procedimiento que permite calcular el vapor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en el descontar al momento actual es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A éste valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

El método de valor presente es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha

equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

La fórmula que permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t = Representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 = Es el valor inicial del desembolso de la inversión.

n = es el número de periodos considerado.

El tipo de interés es k , si el proyecto no tiene riesgo, se tomara como referencia el tipo de renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico. En otros casos se utilizara el coste de oportunidad.

$$V_t = \frac{\text{Ahorro Anual}}{(1+k)^t}$$

$$V_t = \frac{111303,75}{(1+0,17)^1} = 95131,41USD$$

Ahora este valor es remplazado en ecuación del valor actual neto.

$$V_t = 95131,41 - 10690,50 = 84440,91USD$$

Analizando el resultado se observa que el $VAN > 0$, entonces las mejoras planteadas son viables para ser realizadas en el sistema energético.

4.2.2.2 Tasa interna de retorno.

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos simples en tanto, diversos autores la conceptualizan.

Como la tasa de interés (o la tasa de descuento) con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir de flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente.

Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Se utiliza para resolver sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de la oportunidad de inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto – expresada por la TIR – supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

$$0 = \sum_t^n = 1 \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0$$

TIR para el primer año, debido a que la inversión se recupera en menos de un año.

$$TIR = \left[\frac{V_t}{I_0} - 1 \right] \times 100$$

Remplazando los valores se obtendrá:

$$TIR = \left[\frac{95131,41}{10690,50} - 1 \right] \times 100$$

$$TIR = 789,9\%$$

En consecuencia al análisis financiero realizado los cambios son óptimos para el hospital, ya que la inversión es mínima y los costos de combustible son costosos.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En la auditoria preliminar se encontró el estado de algunos elementos que ya están deteriorados, los cuales no contribuyen a que el sistema de vapor tenga una buena eficiencia.
- El cambio de tuberías deterioradas y trampas permitirá disminuir el consumo de combustible y con esto reducir los gases contaminantes que emana la chimenea.
- En el cuarto de máquinas se encuentra en un medio ambiente caluroso debido a que algunas partes de la tubería están sin aislante térmico y por el funcionamiento de la caldera, permitiendo una transferencia de radiación y convección, lo que aumenta las pérdidas de calor.
- Ejecutando cambios o reparaciones en los elementos que conforman el sistema de vapor se cuidará al medio ambiente, esto se está convirtiendo ya en una ordenanza muy importante.
- El análisis desarrollado posibilita a que la implementación de mejoras sea próspero y así mejorar la eficiencia del sistema.
- Para la eliminación de sólidos disueltos y en suspensión introducidos en el agua es necesario la purga en la caldera, esto no permita la formación de incrustaciones, lodos, puntos calientes, obstrucciones en las tubería y disminuir el rendimiento de la caldera.
- La disminución en el uso combustible, se logra con un control frecuente y eficiente de los equipos del sistema vapor que permitirá tener resultados confiables y degradar las pérdidas económicas.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis periódico de los elementos que conforman el sistema de vapor para así actuar rápidamente en la reparación de los diferentes daños que se puede presentar.
- Colocar manómetros en la salida y entrada de cada uno de los equipos, que esto permitirá al personal de mantenimiento tomar los datos y verificar el comportamiento de los equipos.
- Realizar un plan de mantenimiento que permita aumentar la eficiencia del sistema de vapor.
- Tratar el agua de alimentación a la caldera, ya que con esto se reduce las pérdidas por purgas en el fondo de la caldera y se evita incrustaciones en tuberías.
- Tener una planificación de uso de vapor para las distintas áreas, con esto se obtiene ahorro de combustible.
- Las tuberías que alimentan vapor a las marmitas están expuestas al ambiente a pesar de no trabajar a alta presión, se debería cerrar el paso de vapor si no se utiliza el recurso.
- Se recomienda el rediseño de las trampas de vapor en la calandra, ya que tiene un alto consumo de vapor.

BIBLIOGRAFÍA

- INCROPERA F., Principios de Transferencia de Calor, Mc. GrawHILL, 4ta Ed., 1999.
- YUNUS CENGEL, "Termodinámica", Mc GRAW-HILL, 5ta Ed., 2002.
- SPIRAX SARCO, "DESIGN OF FLUID SYSTEMS", Twelfth Edition. 2002.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA (CONAE); "Guía de vapor para la industria" México 2002.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA (CONAE); "Eficiencia en Calderas y Combustión" México 2002.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA (CONAE), "Tratamiento de agua para su utilización en calderas", México 2008.
- THERMAL ENGINEERING LTDA., "Costos de Generación de Vapor"
- VARGAS ZURITA ANGEL, "CALDERAS INDUSTRIALES", Ed. Series VZ. 2da Ed. Guayaquil 1996.
- HAGLER BAILLY, Manual de Auditoria Energética Industrial, Washington DC 1985.
- <http://www.spiraxsarco.com>

ANEXOS

ANEXOS A TABLAS

890 | Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades SI)

TABLA A-4

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P _{sat} kPa	Volumen específico, m ³ /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v _f	Vapor sat., v _g	Liq. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Liq. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Liq. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vapor sat., s _g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2526.3	0.2245	8.5569	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.8	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5270	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0263
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.5	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

TABLA A-5

Agua saturada. Tabla de presiones

Pres., P kPa	Temp. sat., T_{sat} °C	Volumen específico, m ³ /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Liq. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Liq. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Liq. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

TABLA A-27

Propiedades de algunos combustibles e hidrocarburos comunes

Combustible (fase)	Fórmula	Masa molar, kg/kmol	Densidad, ¹ kg/L	Entalpia de vaporización, ² kJ/kg	Calor específico, ¹ c _p , kJ/kg · K	Poder calorífico superior, ³ kJ/kg	Poder calorífico inferior, ³ kJ/kg
Acetileno (g)	C ₂ H ₂	26.038	—	—	1.69	49,970	48,280
Benceno (ℓ)	C ₆ H ₆	78.114	0.877	433	1.72	41,800	40,100
Butano (ℓ)	C ₄ H ₁₀	58.123	0.579	362	2.42	49,150	46,370
Carbono (s)	C	12.011	2	—	0.708	32,800	32,800
Decano (ℓ)	C ₁₀ H ₂₂	142.285	0.730	361	2.21	47,640	44,240
Diesel ligero (ℓ)	C ₁₂ H ₂₆	170	0.78–0.84	270	2.2	46,100	43,200
Diesel pesado (ℓ)	C ₁₄ H ₃₀	200	0.82–0.88	230	1.9	45,500	42,800
Etano (g)	C ₂ H ₆	30.070	—	172	1.75	51,900	47,580
Etanol (ℓ)	C ₂ H ₅ O	46.069	0.790	919	2.44	29,670	26,810
Gas natural (g)	C ₃ H ₈ N _{0.18}	18	—	—	2	50,000	45,000
Gasolina (ℓ)	C ₁₂ H ₂₆	100–110	0.72–0.78	350	2.4	47,300	44,000
Heptano (ℓ)	C ₇ H ₁₆	100.204	0.684	365	2.24	48,100	44,600
Hexano (ℓ)	C ₆ H ₁₂	84.161	0.673	392	1.84	47,500	44,400
Hexeno (ℓ)	C ₆ H ₁₂	86.177	0.660	366	2.27	48,310	44,740
Hidrógeno (g)	H ₂	2.016	—	—	14.4	141,800	120,000
Isopentano (ℓ)	C ₅ H ₁₂	72.150	0.626	—	2.32	48,570	44,910
Metano (g)	CH ₄	16.043	—	509	2.20	55,530	50,080
Metanol (ℓ)	CH ₃ O	32.042	0.790	1168	2.53	22,660	19,920
Monóx. de carbono (g)	CO	28.013	—	—	1.05	10,100	10,100
Octano (ℓ)	C ₈ H ₁₈	114.231	0.703	363	2.23	47,890	44,430
1-Penteno (ℓ)	C ₅ H ₁₀	70.134	0.641	363	2.20	47,760	44,630
Propano (ℓ)	C ₃ H ₈	44.097	0.500	335	2.77	50,330	46,340
Tolueno (ℓ)	C ₇ H ₈	92.141	0.867	412	1.71	42,400	40,500

¹A 1 atm y 20°C.²A 25°C para combustibles líquidos, y 1 atm y temperatura normal de ebullición para combustibles gaseosos.³A 25°C. Multiplique por la masa molar para obtener los valores caloríficos en kJ/kmol.

OWENS CORNING

TEMP. OPERACION	HASTA 65°C (150°F)						HASTA 121°C (250°F)						HASTA 177°C (350°F)						HASTA 232°C (450°F)						
	E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO	pulg.	mm	W/m	W/m	°C	°F	pulg.	mm	W/m	W/m	°C	°F	pulg.	mm	W/m	W/m	°C	°F	pulg.	mm	W/m	W/m	°C	°F	
1/2	12.7	1	25.4	7.44	7.15	28.7	83.6	1	25.4	20.0	19.23	33.8	92.9	1	25.4	36.2	34.80	40	104.0	1 1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0
3/4	19.1	1	25.4	8.95	8.60	29.4	84.9	1	25.4	24.2	23.27	35.4	95.8	1	25.4	43.7	42.01	42.2	108.0	1 1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0
1	25.4	1	25.4	9.28	8.92	28.8	83.9	1	25.4	25.0	24.03	34.2	93.5	1 1/2	38.0	45.2	43.45	40.6	105.0	2	50.8	49.7	47.78	36.4	97.5
1 1/2	38.0	1	25.4	12.1	11.63	29.3	84.8	1	25.4	32.5	31.24	35.3	95.6	1 1/2	38.0	46.5	44.70	36.8	98.2	2	50.8	57.6	55.37	36.2	97.2
2	51.0	1	25.4	14.1	13.56	29.5	85.1	1	25.4	38.2	36.72	35.8	96.5	1 1/2	38.0	53.0	50.95	37.1	98.7	2	50.8	70.2	67.49	38.3	101.0
3	76.0	1	25.4	19.1	18.36	29.9	85.9	1	25.4	51.6	49.61	36.8	98.2	1 1/2	38.0	70.3	67.58	38.3	101.0	2	50.8	91.6	88.06	40.0	104.0
4	102.0	1	25.4	22.9	22.02	30.3	86.5	1	25.4	62.1	59.70	37.0	98.6	2	50.8	69.7	67.01	35.7	96.2	2	50.8	109.3	105.08	40.5	105.0
6	152.0	1	25.4	33.9	32.59	30.6	87.1	1 1/2	38.0	66.6	64.03	34.3	93.8	2	50.8	94.4	90.75	36.6	97.8	2	50.8	148.0	142.28	42.2	108.0
8	203.0	1	25.4	42.3	40.67	30.7	87.3	1 1/2	38.0	80.4	77.29	34.3	93.8	2	50.8	116.0	111.52	37	98.6	2 1/2	63.5	149.0	143.24	38.9	102.0
10	254.0	1	25.4	54.6	52.49	31.2	88.2	1 1/2	38.0	94.2	90.56	34.2	93.6	2	50.8	137.0	131.71	37.1	98.7	2 1/2	63.5	181.0	174.01	39.4	103.0
12	304.0	1 1/2	38.0	40.6	39.03	28.9	84.0	1 1/2	38.0	109.0	104.79	34.4	93.9	2	50.8	158.0	151.90	37.3	99.1	2 1/2	63.5	208.0	199.96	40.0	104.0
14	356.0	1 1/2	38.0	46.8	44.99	29.2	84.6	2	50.8	99.0	95.18	32.8	91.0	2 1/2	63.5	149.0	143.24	35.6	96.1	2 1/2	63.5	233.0	224.00	40.6	105.0
16	406.0	1 1/2	38.0	52.8	50.76	29.3	84.7	2	50.8	110.0	105.75	32.9	91.2	2 1/2	63.5	167.0	160.55	35.8	96.4	3	76.0	225.0	216.31	38.3	101.0
18	457.0	1 1/2	38.0	58.8	56.53	29.1	84.4	2	50.8	124.0	119.21	33.0	91.4	2 1/2	63.5	185.0	177.85	35.9	96.7	3	76.0	249.0	239.38	38.9	102.0
20	508.0	1 1/2	38.0	64.9	62.39	29.3	84.8	2	50.8	136.0	130.75	33.1	91.5	2 1/2	63.5	203.0	195.16	36.1	96.9	3	76.0	273.0	262.45	38.9	102.0
24	610.0	1 1/2	38.0	76.9	73.93	29.4	84.9	2	50.8	161.0	154.78	33.2	91.7	2 1/2	63.5	239.0	229.77	36.2	97.2	3	76.0	320.0	307.64	38.9	102.0
26	660.0	1 1/2	38.0	81.0	77.87	29.3	84.8	2	50.8	170.4	163.82	33.1	91.5	2 1/2	63.5	254.7	244.86	36.2	97.1	3	76.0	340.0	326.87	38.9	102.0
28	711.0	1 1/2	38.0	86.9	83.54	29.3	84.8	2	50.8	182.5	175.45	33.1	91.6	2 1/2	63.5	271.5	261.01	36.2	97.2	3	76.0	364.0	349.94	38.9	102.0
30	762.0	2	50.8	73.6	70.76	28.4	83.2	2 1/2	63.5	163.0	156.70	31.8	89.2	3	76.0	250.0	240.34	34.7	94.4	3 1/2	89.0	342.0	328.79	37.4	99.4

SPECIFICATIONS

MODELS	FB-S	60	100	150	200	250	300	400
	BHP	60	100	150	200	250	300	400
Max Operating Pressure *	PSI	150	150	150	150	150	150	150
	BAR	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
Steam Output	LBS/HR	2,204	3,306	4,409	6,612	8,816	9,918	13,224
	KG/HR	1,000	1,500	2,000	2,999	3,999	4,499	5,998

APPROXIMATE FUEL USAGE

Light Oil **	GPH	19	28	37	56	75	84	112
	LPH	72	106	140	212	284	318	424
Natural Gas **	FT³/HR	2,705	4,058	5,378	8,122	10,806	11,936	15,715
	M³/HR	77	115	153	230	306	338	445

CONNECTIONS

Safety Relief Valve	IN	2	2	2	2	2	2.5	3
	MM	51	51	51	51	51	64	76
Steam Outlet (150 lb flange)	IN	2	2.5	3	4	4	4	5
	MM	51	64	76	102	102	102	127
Feedwater Inlet	IN	1.25	1.25	1.25	1.25	1.5	1.5	2
	MM	32	32	32	32	38	38	51
Blowdown	IN	1.5	1.5	1.5	2	2	1.5	2
	MM	38	38	38	51	51	38	51
Water Column Blowdown	IN	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	MM	13	13	13	13	13	13	13
Stack Diameter	IN	12	14	16	18	20	20	24
	MM	305	356	381	457	508	508	610

POWER

Burner Motor (Oil)	BHP	2	3	7.5	15	15	15	20
	KW	1.5	2.2	4.5	7.5	7.5	7.5	15
Burner Motor (Gas)	BHP	2	3	7.5	15	20	20	20
	KW	1.5	2.2	4.5	7.5	15	15	15

* Please consult factory for alternate operating pressures.

** Please consult factory for additional fuel options.

Specifications and Dimensions are approximate. Consult factory for model specific electrical requirements.

We reserve the right to change specifications and/or dimensions without notice.

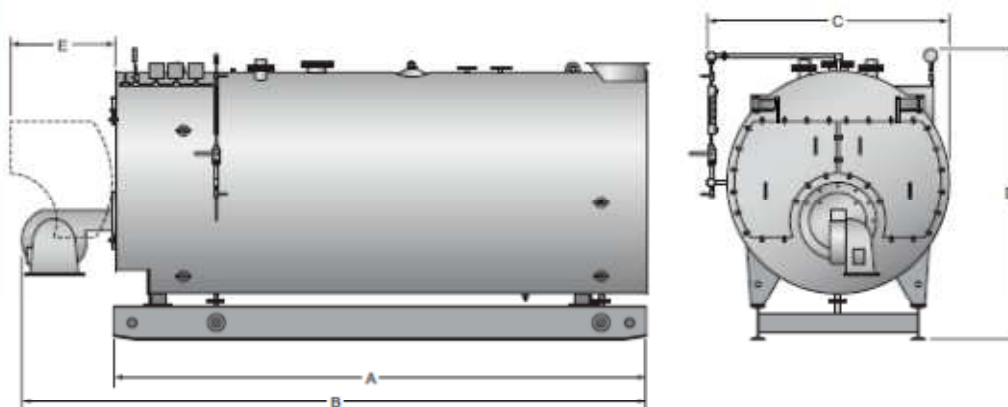
DIMENSIONS

MODELS	FB-S	60	100	150	200	250	300	400
	BHP	60	100	150	200	250	300	400
A. Boiler Length (w/o burner)	IN	131	143	161	188	195	236	218
	MM	3,327	3,632	4,089	4,775	4,953	5,994	5,537
B. Boiler Length (w/ burner)	IN	173	185	207	234	246	286	270
	MM	4,394	4,699	5,258	5,944	6,248	7,264	6,858
C. Boiler Width (w/ trim)	IN	67	70	83	86	86	86	106
	MM	1,702	1,788	2,108	2,184	2,184	2,184	2,692
D. Boiler Height (w/ trim)	IN	77	80	92	98	100	100	118
	MM	1,956	2,032	2,337	2,489	2,540	2,540	2,997
E. Door Opening	IN	32	34	36	36	43	43	46
	MM	813	837	914	914	1,092	1,092	1,168

APPROXIMATE WEIGHTS

Shipping Weight	LB	9,460	11,330	14,300	20,240	25,564	28,786	38,126
	KG	4,291	5,139	6,486	9,181	11,596	13,057	17,294
Operating Weight	LB	14,972	17,827	22,006	31,032	38,783	44,207	56,407
	KG	6,791	8,086	9,982	14,076	17,592	20,052	25,586
Water Content	GAL	661	779	924	1,294	1,585	1,849	2,192
	LITERS	2,500	2,950	3,500	4,900	6,000	6,998	8,297

Specifications and Dimensions are approximate. We reserve the right to change specifications and/or dimensions without notice.




ANEXOS B

EMISIÓN DE

GASES EN LA

CALDERA

	INFORME DE RESULTADOS DE MEDICIÓN	IR: GA 481/2012
		FMC 2201 - Pág 1 de 1 Edición 5

Nombre de la Empresa: HOSPITAL BACA ORTIZ
Dirección: Av. Colon y Av. Seis de diciembre
Fecha de Medición: 24 de Abril del 2012
Teléfono: 2272-101
Responsable: Ing. Victoria Acosta
Fecha de Emisión: 30 de Abril del 2012



Método de ensayo: PE/CEN/01. Celdas Electroquímicas
Tipo de muestra en análisis: Gases de combustión
Procedimiento de muestreo: TULAS
Identificación del equipo muestreado: Caldero Fulton Potencia 1972,5 HP Serie: F1041008A
Ubicación del punto de muestreo: Tramo recto a 1,82 m. desde de la última perturbación
Diámetro y altura de la chimenea: Ø 0.48 m. / 6,33 m. aprox.
Condición de carga del equipo analizado: Operación normal

MEDICIÓN	PARÁMETROS QUE SE MIDEN				
	T gas *	O ₂ *	CO	SO ₂	NO _x
	°C	%	ppm	ppm	ppm
1	204	3,2	<10	<10	132

En términos de Norma: (En mg/m³ a condiciones normales y corregidos al 7 % de O₂)

Parámetro	Valor [mg/Nm ³]	Límite máximo @
CO	<9,8	250
SO ₂	<22,5	1650
NO _x	213,2	500

Nota: Límites de cuantificación para CO, SO₂, NO_x = 10 ppm
 Incertidumbre de medición para CO, SO₂ y NO_x = ± 20% ppm.
 Los resultados se aplican exclusivamente a la fuente(s) indicada (s)
 @: A condiciones normales 1013 mmbar y 0°C en base seca, según [Normativa]
 Prohibida la reproducción parcial o total del informe sin la autorización del laboratorio.

Responsable de la medición: Wilson Navas
 Responsable del informe:


 Ing. José Peña Jaramillo
DIRECTOR TÉCNICO CENERIN

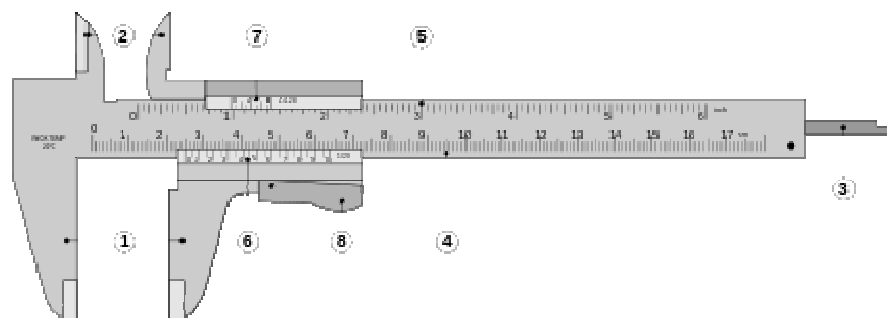
Los ensayos marcados con (*) No estan incluidos en el alcance de acreditación.

ANEXO C

INSTRUMENTOS

DE MEDICIÓN

CALIBRE



El calibre, también denominado calibrador, cartabón de corredera, pie de rey, pie de metro, forcípula (para medir árboles) o Vernier, es un instrumento utilizado para medir dimensiones de objetos relativamente pequeños, desde centímetros hasta fracciones de milímetros ($1/10$ de milímetro, $1/20$ de milímetro, $1/50$ de milímetro). En la escala de las pulgadas tiene divisiones equivalentes a $1/16$ de pulgada, y, en su nonio, de $1/128$ de pulgada.

1. Mordazas para medidas externas.
2. Mordazas para medidas internas.
3. Coliza para medida de profundidades.
4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
7. Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
8. Botón de deslizamiento y freno.

PIRÓMETRO PCE-880

Un pirómetro, dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella. El término se suele aplicar a aquellos instrumentos capaces de medir temperaturas superiores a los 600 grados Celsius. El rango de temperatura de un pirómetro se encuentra entre -50 grados Celsius

hasta +4000 grados Celsius. Una aplicación típica es la medida de la temperatura de metales incandescentes en molinos de acero o fundiciones.

El pirómetro PCE-880 cuenta con una buena ergonomía y una gran facilidad de transporte. Este ligero pirómetro destaca por su sencillo manejo y el rayo de luz rojo, así con la ayuda del pirómetro visualizará el objetivo con gran precisión. El pirómetro está pensado para la industria y la profesión, para inspección y mantenimiento de calefacciones, instalaciones de ventilación, de aire acondicionado, para el automóvil, control de instalaciones eléctricas y armarios de distribución. El pirómetro puede ser usado en condiciones adversas. El pirómetro posee un rayo láser visible para orientar con precisión, para realizar mediciones rápidas y sin contacto desde una cierta distancia en objetos muy calientes o en movimiento o en lugares de difícil acceso.

- Gran pantalla LCD de 3 1/2 posiciones con iluminación de fondo y mantenimiento de valores de medición. Indicador máx.: 1999.
- Elección de valores en °C o en °F.
- Desconexión automática, mantiene valores.
- Rápida sucesión en la medición.
- Buena relación distancia / punto de medición de 8 : 1 (diámetro aproximado del punto de medición: 25 mm para una distancia de aprox. 20 cm, 50 mm para 40 cm, 100 mm para 80 cm y 200 mm para 1,6 m).
- Incluye baterías e instrucciones de uso.



FLEXÓMETRO



El flexómetro es un instrumento de medición el cual es coincido con el nombre de cinta métrica, con la particularidad de que está construido por una delgada cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición, y que se enrolla dentro de una carcasa metálica o de plástico. En el exterior de esta carcasa se dispone de un sistema de freno para impedir el enrollado automático de la cinta, y mantener fija alguna medida precisa de esta forma.

MANÓMETRO ANALÓGICO DE LA SERIE TIPO A

El manómetro analógico de la serie tipo A le ofrece la oportunidad de registrar presiones absolutas para líquidos y para todos los gases no agresivos / no explosivos entre -1 ... +600 bar (dependiendo del modelo), en sistemas de presión. El manómetro analógico de la serie tipo A destaca por un manejo intuitivo y sencillo. Sólo hay que enroscar el manómetro analógico en el sistema de presión y ya puede leer el valor de medición del indicador analógico. El indicador analógico del manómetro permite resultados de medición de la presión absoluta, incluso para no profesionales. La carcasa robusta de acero inoxidable y resistente a golpes permite el uso en condiciones extremas, tales como en talleres o en la industria. El principio de medición puramente mecánica del manómetro de la serie tipo A no requiere un mantenimiento costoso y de mucho tiempo.

- Para gases y líquidos.
- Uso sencillo.
- Indicación analógica.
- Carcasa robusta de acero inoxidable.
- Para rosca exterior G ¼.
- Rango de medición grande o pequeño (dependiendo del modelo).



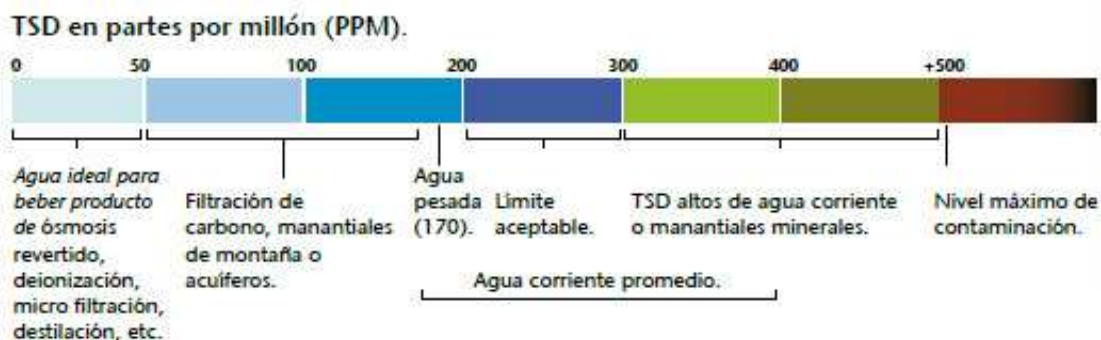
MEDIDOR DE TSD (Total de Sólidos Disueltos)

Los analizadores TSD se utilizan para medir los niveles de pureza o contaminación de aguas en relación con la cantidad de minerales, sales o metales disueltos en un volumen determinado de agua.

“Waterproof”, bajo consumo de batería, auto apagado y alarma de batería baja.

Medidas: 150x32x20 mm

Exactitud: $\pm 2\%$ FS / T: $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ATC)





EL ANEMÓMETRO

Un anemómetro es un aparato destinado a medir la velocidad relativa del viento que incide sobre él. Si el anemómetro está fijo colocado en tierra, entonces medirá la velocidad del viento reinante, pero si está colocado en un objeto en movimiento, puede servir para apreciar la velocidad de movimiento relativo del objeto con respecto al viento en calma.

La hélice de tipo helicoidal, tiene acoplado al eje un diminuto generador de impulsos eléctricos, que son contados por unidad de tiempo por el contador electrónico a baterías, y mostrados en pantalla ya calibrados a velocidad de viento.

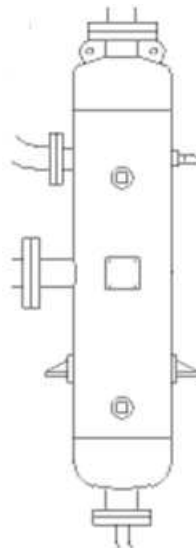
La precisión de estos anemómetros depende en gran medida del operador, ya que es este, el que debe dar la adecuada orientación de frente al viento.



ANEXO D ACCESORIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL TANQUE FLASH

Tanque de vapor flash:

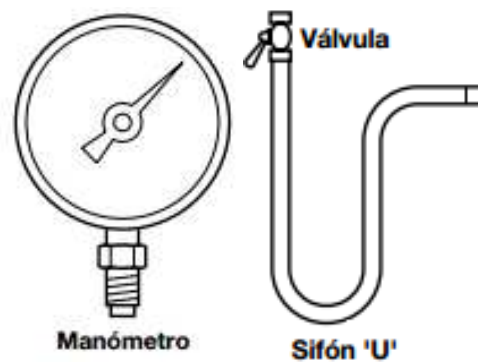
El tanque flash tiene la finalidad de reutilizar el revaporizado o flash producido del condensado saturado presurizado, que al ser desalojado del medio que lo contiene, reduce su presión revaporizándose parcialmente y alcanzando además la misma temperatura del vapor.

**Conjunto para Manómetro:**

Monitoriza la presión del tanque de revaporizado.

Consta de:

- Manómetro
- Sifon U
- Valvula esférica



Válvulas de seguridad:

Las válvulas de seguridad son esenciales cuando puede que exista una situación de exceso de presión peligrosa.

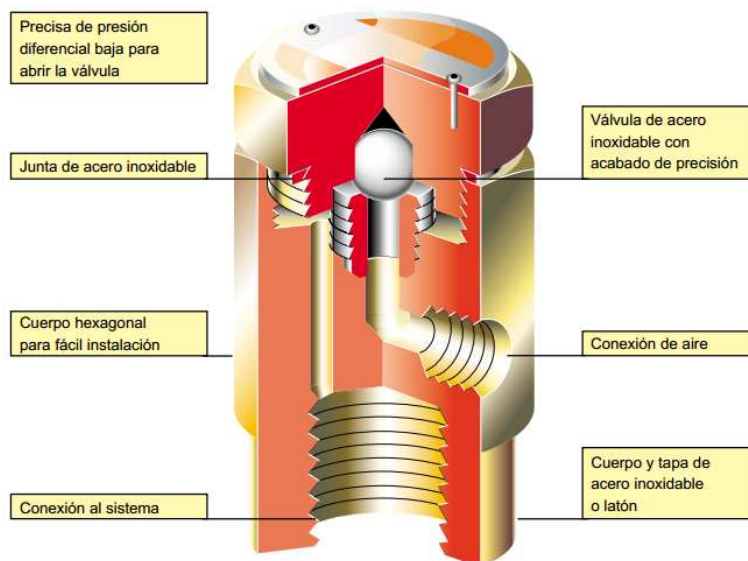
Protegen contra;

- Daños mecánicos a equipos y planta.
- Pérdida de producto y producción.
- Daños al medio ambiente.
- Lesiones a personal.



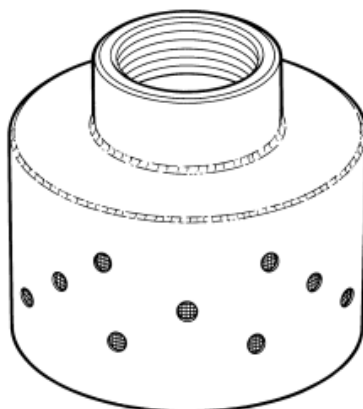
Rompedor de vacío:

Protege los equipos de proceso contra el vacío y al mismo tiempo permitirá el drenaje efectivo del condensado de las tuberías y tanques de almacenamiento.



Distribuidor de vapor:

Diseñado para distribuir vapor a baja presión en tanques de agua. Asegura una rápida condensación del vapor y un eficiente calentamiento del agua. La configuración de los orificios proporciona un auto control de regulación asegurando que los orificios se usan progresivamente a medida que aumenta el caudal de vapor. La malla interna de acero inoxidable asegura un funcionamiento silencioso.



Válvulas de esfera e interrupción del tanque

Proporcionado un cierre hermético confiable y mínimo mantenimiento.

- Abertura en un cuarto de vuelta para fácil funcionamiento.
- Bajo torque

- Permitiendo una mínima caída de presión y alta capacidad.
- Cuerpos resistentes a la corrosión aseguran una larga vida útil del producto.



Purgadores:

La eliminación de condensado y aire del sistema. Resisten vapor recalentado, golpes de ariete, condensado corrosivo, congelación y vibraciones.



Bomba Eléctrica:

Es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades.

**Filtro de bomba:**

Retiene las impurezas y que pueden deteriorar a los elementos internos de la bomba.

**Intercambiador de calor:**

Es un equipo utilizado para enfriar un fluido que está más caliente de lo deseado, transfiriendo este calor a otro fluido que está frío y necesita ser calentado. La transferencia de calor se realiza a través de una pared metálica o de un tubo que separa ambos fluidos.



ANEXO E ORGANIGRAMA DEL HOSPITAL

ANEXO F PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR