



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**Modelo de Gestión de la Energía para el Sistema de Vapor del Hospital  
San Juan de Dios bajo los Criterios de la Norma INTE/ISO 50001**

**Informe de práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniero en  
Mantenimiento Industrial, con el grado académico de Licenciatura**

**Sebastián Ismael Loaiza Pereira**

**Cartago, diciembre, 2020**



**Carrera evaluada y acreditada por:**

Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie



CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL  
Hospital San Juan de Dios  
Departamento de Ingeniería y Mantenimiento  
Teléfono: 2547-8387 / Fax: 2223-4118



25 de junio de 2020  
D.I.-2432-06-2020

Ingeniero  
Ignacio del Valle Granados  
Coordinador de Práctica profesional de la carrera.

Estimado Señor:

**A SUNTO: ACEPTACIÓN DE PRACTICA DE ESPECIALIDAD.**

En respuesta a su carta solicitando la aceptación del estudiante Sebastián Ismael Loaiza Pereira, cedula 3 0499 0824 y carné 2016085867, para la realización de práctica de especialidad en Licenciatura en Mantenimiento Industrial, como Coordinador del área de Mantenimiento del Hospital San Juan de Dios, le indico que de nuestra parte se acepta la realización del proyecto con el nombre "Modelo de Gestión de la Energía del Sistema de Vapor del Hospital San Juan de Dios bajo los Criterios de la Norma 50 001", el cual como anteproyecto fue revisado y aprobado por el suscrito, es importante indicar que el proyecto es de importancia para el Hospital, dado que aunque el sistema de vapor que alimenta diversos hospitales es relativamente nuevo, no tiene un modelo de gestión de la energía para determinar consumo, demanda, planes de acción y medidas de ahorro energético, de este modo mejorar a nivel ambiental y económico del sistema. Este tipo de gestión de la energía se va a regir bajo una Norma ISO 50 001 para cumplir con estándares internacionales y estar acorde con las necesidades actuales, además de suma importancia y beneficio, para invertir acorde con la necesidad real y actual. El Hospital San Juan de Dios es un centro médico público por lo cual el proyecto no requiere de confidencialidad.

Sin más por el momento, se despide,

Atentamente,

GUSTAVO  
ADOLFO PINA  
CONTRERAS  
Ingeniero  
Ing. Gustavo Pina Contreras  
Jefe a.i. Ingeniería y Mantenimiento

firmado digitalmente por  
GUSTAVO ADOLFO PINA  
CONTRERAS  
Fecha: 2020.06.25  
14:23:00

Correo: [gapina@ccss.sa.cr](mailto:gapina@ccss.sa.cr)  
Tel. 8890-2092 Oficina: 2547-8408

Cc. Archivo

égc

# INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE Y EMPRESA

## Información del Estudiante

Nombre Completo	Sebastián Ismael Loaiza Pereira
Número de Cédula	3-499-824
Número de Carné	2016085867
Número de Teléfono	(506) 85559561
Correo Electrónico	s.loaiza.p@gmail.com
Dirección Domicilio	San Francisco, Agua caliente, Cartago de Costa Rica

## Información de la Empresa

Nombre	Hospital San Juan de Dios
Actividad Principal	Centro médico de salud pública, diversos ámbitos de las Ciencias de la Salud
Dirección	Avenida cero (Paseo Colón), contiguo al Hospital Nacional de Niños, San José, Costa Rica
Asesor Industrial	Ing. Gustavo Piña Contreras

## Información del Proyecto

Nombre del Proyecto	Modelo de Gestión de la Energía para el Sistema de Vapor del Hospital San Juan de Dios bajo los Criterios de la Norma INTE/ISO 50 001.
Profesor Asesor	Ing. José Alberto Garro Zavaleta.
Horario de Trabajo	lunes a viernes 7:30 am – 4:30 pm.



Modelo de Gestión de la Energía para el Sistema de Vapor del Hospital San Juan de Dios bajo los Criterios de la Norma INTE/ISO 50001 por Sebastián Ismael Loaiza Pereira se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

## **DEDICATORIA**

A mi madre Ileana y mi padre Rubén por brindarme una educación de calidad, darme todos los recursos para facilitarme el aprendizaje, ser un apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, ser fuente de motivación e inspiración, escucharme en cada momento que lo necesitaba, por haberme forjado como la persona que soy, por formarme con reglas y libertades que al final de cuentas me motivaron constantemente a alcanzar mis mayores anhelos, muchos de mis logros fueron gracias a todo su esfuerzo. Esto es por y para ustedes, “Los amo”.

A mi hermano Alonso por ser una fuente de inspiración, motivación y superación, “Te amo”.

A mi hermana Verónica por brindarme un apoyo incondicional en cada momento, “Te amo”.

A mi hermano Rubén por motivarme a superarme, estar pendiente de mi en cada momento, “Te amo”.

A mi sobrina Juliana por darme esos momentos de distracción y ser alegría en mi vida, “Te amo”.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Ileana y Rubén por ser fuente de inspiración, apoyarme en todo este proceso, a no dejarme caer y animarme en los momentos duros.

A mis hermanos y hermana por el apoyo incondicional en los momentos que más lo necesitaba.

A mis compañeros de carrera por apoyarnos unos a otros, a mis amigos y personas cercanas que me motivaron y apoyaron de una u otra manera.

Al profesor Alberto Garro, quien me aconsejó de la mejor manera a lo largo del proyecto para poder finalizar satisfactoriamente mis estudios.

Al profesor Carlos Piedra, quien me brindó la oportunidad de desarrollar este proyecto.

Al ingeniero Gustavo Piña, por darme la oportunidad de desarrollar mi proyecto en el hospital y brindarme todas las facilidades para validar mi proyecto.

Al ingeniero Jesús Carballo, por referirme a la gerencia y vincularme en el proyecto, además de todos los conocimientos brindados a lo largo del proceso.

Al señor Manuel Corrales, quien me facilitó todos los accesos a la planta y darme la ayuda e información respectiva para validar mi proyecto.

Al señor Pablo Lizano, por todo el conocimiento brindado y la ayuda con todas las consultas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	5
<b>1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.2. RESEÑA DE LA EMPRESA .....	9
1.3. VISIÓN.....	11
1.4. MISIÓN.....	11
1.5. VALORES.....	12
1.6. ORGANIGRAMA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS.....	13
1.7. PROCESO PRODUCTIVO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO .....	15
<b>2. CAPÍTULO II DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>16</b>
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	19
2.3. OBJETIVOS.....	21
2.2.1. Objetivo General.....	21
2.2.2. Objetivos Específicos .....	21
2.4. METODOLOGÍA.....	22
2.5. ALCANCES .....	25
2.6. LIMITACIONES.....	26
2.7. VIABILIDAD.....	27
2.8. PLAN DE TRABAJO .....	28
<b>3. CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>29</b>
3.1. MARCO CONCEPTUAL – SISTEMA DE VAPOR.....	29
3.1.1. Calderas .....	29
3.1.2. Tipos de Calderas .....	29
3.1.3. Biomasa .....	32
3.1.4. Combustión.....	35
3.1.5. Trampas de Vapor .....	35
3.1.6. Tipos de Trampas de Vapor.....	35
3.1.7. Métodos de Inspección de Trampas de Vapor.....	38

3.1.8. Eficiencia de la Caldera.....	41
3.1.9. Métodos de Estimación de Demanda de Vapor.....	46
3.1.10. Equipos de Consumo de Vapor de un hospital.....	47
3.2. MARCO CONCEPTUAL – MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA .....	49
3.2.1. Norma INTE/ISO 50001:2018 .....	49
3.2.2. Indicadores Energéticos.....	52
3.2.3. Cuadro de Mando Integral.....	55
3.2.5. Criterios de Evaluación de Proyectos.....	57
<b>4. CAPÍTULO IV ANÁLISIS DEL SISTEMA DE VAPOR.....</b>	<b>59</b>
4.1. CONDICIÓN DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO .....	59
4.1.1. Departamento de Ingeniería y Mantenimiento .....	59
4.1.2. Planta de Calderas .....	59
4.2. CONTEXTO ACTUAL .....	61
4.2.1. Calderas y red de distribución. ....	61
4.2.2. Demanda.....	65
4.3. CONDICIONES OPERATIVAS DEL SISTEMA DE VAPOR .....	67
4.3.1. Calderas .....	67
4.3.2. Equipos y accesorios del Sistema del Vapor.....	70
4.3.3. Estimación de la Demanda de Vapor. ....	71
4.4. COSTOS PARA PRODUCCIÓN DE VAPOR .....	79
4.4.1. Combustible Búnker C .....	80
4.4.2. Electricidad.....	85
4.4.3. Agua .....	88
4.4.4. Mantenimiento.....	90
4.5. INSPECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR .....	94
4.5.1. Inspección Visual .....	96
4.5.2. Cámara Termográfica.....	97
4.6. VIDA ÚTIL.....	106
<b>5. CAPÍTULO V EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VAPOR.....</b>	<b>109</b>
5.1. GENERALIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	109
5.2. CÁLCULO DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN VAPOR .....	111

5.3. BALANCE DE ENERGÍA .....	117
5.4. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CONDENSADO EN TRAMPAS.....	119
5.5. FODA .....	121
<b>6. CAPÍTULO VI IMPLEMENTACIONES AL SISTEMA DE VAPOR.....</b>	<b>122</b>
6.1. PLANES DE ACCIÓN PARA LA GESTIÓN DE LAS TRAMPAS DE VAPOR. .....	122
6.2. SISTEMA DE MONITOREO TRAMPAS DE VAPOR .....	123
6.3. ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA CALDERA DE BIOMASA DE 600 BHP EN SUSTITUCIÓN DEL 75% DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE BÚNKER.....	125
6.3.1. Análisis y Selección del Combustible .....	126
6.3.2. Selección de la Caldera de Biomasa.....	131
6.3.3. Equipos de la Caldera. ....	134
<b>7. CAPÍTULO VII MODELO DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA PARA EL SISTEMA DE VAPOR .....</b>	<b>144</b>
7.1. MODELO DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA BASADO EN LA NORMA INTE/ISO 50 001 .....	144
7.1.1. Liderazgo .....	145
7.1.2. Planificación .....	146
7.1.3. Apoyo .....	150
7.1.5. Hacer.....	151
7.1.5. Verificación .....	151
7.1.6. Actuar .....	151
7.2. ANÁLISIS AMBIENTAL .....	152
7.3. ANÁLISIS ENERGÉTICO Y FINANCIERO.....	155
8. CONCLUSIONES.....	163
9. RECOMENDACIONES .....	165
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	166
11. APÉNDICES .....	168
11.1. TABLAS PARA ESTIMACIÓN DE VAPOR .....	168
11.2. DATOS DE FABRICANTE DE EQUIPOS .....	170
11.3. DATOS DE LOS SISTEMAS DE IMPLEMENTACIÓN .....	185
12. ANEXOS .....	193



12.1. POLÍTICA ENÉRGICA.....	193
12.2. TRAMPAS DE VAPOR .....	196
12.3. SISTEMAS DE IMPLEMENTACIÓN A LA RED DE VAPOR .....	199

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. <i>Datos del Combustible Búnker tipo C</i> .....	68
Tabla 4.2. <i>Características Operativas de las Calderas</i> .....	68
Tabla 4.3. <i>Resumen de los Equipos de demanda del Sistema de Vapor</i> .....	71
Tabla 4.4. <i>Datos operativos de las marmitas</i> .....	73
Tabla 4.5. <i>Resumen de Características Equipos de demanda de vapor HSJD y Lavandería</i> .....	76
Tabla 4.6. <i>Horario de demanda de vapor en kg/h</i> .....	77
Tabla 4.7. <i>Estadísticas de la Demanda de Vapor por hospital</i> .....	78
Tabla 4.8. <i>Horario de demanda diaria de vapor por hospital</i> .....	79
Tabla 4.9. <i>Costo del Combustible Búnker C 2016 – 2020</i> .....	80
Tabla 4.10. <i>Distribución porcentual del consumo (l) del Combustible Búnker C por hospital</i> .....	81
Tabla 4.11. <i>Consumo del Combustible Búnker C en el sistema de vapor del HSJD</i> .....	81
Tabla 4.12. <i>Datos estadísticos del Consumo (l) del combustible, junio de 2019 – junio de 2020</i> .....	82
Tabla 4.13. <i>Costos de la Electricidad en el área calderas del HSJD</i> .....	86
Tabla 4.14. <i>Datos estadísticos de los costos de electricidad del área de calderas</i> .....	86
Tabla 4.15. <i>Costos de Unitario (¢) de Energía y Demanda según periodo</i> .....	87
Tabla 4.16. <i>Costo y consumo del Agua de junio de 2019 a junio de 2020</i> .....	89
Tabla 4.17. <i>Emisiones de Gases Contaminantes</i> .....	91
Tabla 4.18. <i>Tratamientos químicos del agua y combustible</i> .....	92
Tabla 4.19. <i>Inspecciones del estado operativo de las calderas</i> .....	92
Tabla 4.20. <i>Operación y Mano de obra</i> .....	93
Tabla 4.21. <i>Costos Totales de Mantenimiento</i> .....	93
Tabla 4.22. <i>Resultados de las trampas defectuosas encontradas en la inspección</i> .....	104
Tabla 4.23. <i>Resumen de las categorías del etiquetado para inspección de las trampas</i> ...	105
Tabla 5.1. <i>Órdenes de Trabajo Departamento de Calderas 2020</i> .....	109

Tabla 5.2. <i>Costos mensuales y diarios de la producción vapor de junio de 2019 - junio de 2020</i> .....	111
Tabla 5.3. <i>Resumen datos estadísticos de los costos diarios de producción de vapor junio de 2019 – junio de 2020</i> .....	112
Tabla 5.4. <i>Costos unitarios del combustible ¢/ton</i> .....	112
Tabla 5.5. <i>Costo unitario de energía (¢/kJ)</i> .....	113
Tabla 5.6. <i>Costo unitario de vapor (¢/kg)</i> .....	114
Tabla 5.7. <i>Datos estadísticos de los Costos unitarios de producción de vapor (¢/kg)</i> .....	114
Tabla 5.8. <i>Datos estadísticos de los costos diarios de producción de vapor de 2017 a 2020</i> .....	116
Tabla 5.9. <i>Balance Energético</i> .....	118
Tabla 5.10. <i>Costo económico de las pérdidas de vapor generadas por problemas de operación de las trampas (¢/h)</i> .....	120
Tabla 6.1. <i>Comparación de equipos electrónicos para monitoreo de trampas</i> .....	123
Tabla 6.2. <i>Características importantes para selección del combustible</i> .....	126
Tabla 6.3. <i>Cálculo energía aportada por el Búnker</i> .....	126
Tabla 6.4. <i>Comparación de consumos de cada tipo de combustible</i> .....	128
Tabla 6.5. <i>Emisiones mensuales promedio de gases de efecto invernadero</i> .....	128
Tabla 6.6. <i>Comparación de parámetros del chip de madera</i> .....	129
Tabla 6.8. <i>Especificaciones técnicas de la caldera de biomasa</i> .....	133
Tabla 6.9. <i>Autonomía de silo de almacenamiento</i> .....	137
Tabla 6.10. <i>Especificaciones técnicas del silo de almacenamiento</i> .....	137
Tabla 7.1. <i>Resumen del CMI</i> .....	150
Tabla 7.2. <i>Factores de emisión de los combustibles</i> .....	154
Tabla 7.3. <i>Hectáreas de árboles de Eucalipto necesarios para absorber el CO2 de cada combustible</i> .....	154
Tabla 7.4. <i>Resumen financiero de la implementación de los sistemas de monitoreo para 28 de trampas de vapor</i> .....	157
Tabla 7.5. <i>Resumen financiero de la implementación del sistema de monitoreo para 61 de trampas de vapor</i> .....	158
Tabla 7.6. <i>Consumo de búnker evitado por sustitución de vapor</i> .....	159
Tabla 7.7. <i>Costo de la Inversión Inicial</i> .....	160
Tabla 7.8. <i>Costos anuales del consumo de Búnker</i> .....	161

Tabla 7.9. <i>Costos anuales proyectados del consumo de la caldera de biomasa y las 2 calderas de Búnker</i> .....	161
Tabla 12.1. <i>Resultados de la Inspección de las 55 trampas de vapor</i> .....	196
Tabla 12.2. <i>Análisis Estadístico de las Muestras</i> .....	197
Tabla 12.3. <i>Pérdidas de Vapor para cada Trampa</i> .....	198
Tabla 12.4. <i>Planes de Acción para la detección y diagnóstico de las Trampas de Vapor</i>	199
Tabla 12.5. <i>Planes de Acción para la inspección de las trampas de vapor</i> .....	200
Tabla 12.7. <i>Cuadro de Mando Integral</i> .....	202
Tabla 12.8. <i>Resultados de la Tasa de Decrecimiento del Costo de Producción de Vapor</i>	203
Tabla 12.9. <i>Resultados de la Índice Energético con respecto a los Costos de Producción de Vapor</i> .....	204
Tabla 12.10. <i>Resultados de la Valor porcentual del Consumo de Combustible según Costos Totales de Producción</i> .....	205
Tabla 12.11. <i>Análisis Financiero Sistemas de Monitoreo de las Trampas de Vapor (811)</i> .....	207
Tabla 12.12. <i>Análisis Financiero de la Implementación de la Caldera de Biomasa sin Secador</i> .....	208
Tabla 12.13. <i>Análisis Financiero de la Implementación de la Caldera de Biomasa con Secador</i> .....	209

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación del Hospital San Juan de Dios .....	10
Figura 1.2. Organigrama del HSJD .....	13
Figura 1.3. Organigrama del DIM .....	14
Figura 1.4. Proceso productivo DIM .....	15
Figura 2.1. Diagrama de flujo del problema planteado .....	18
Figura 2.2. Cuadro de Desarrollo Metodológico del Proyecto.....	22
Figura 2.3. Diagrama Gantt .....	28
Figura 3.1. Caldera de Biomasa.....	33
Figura 3.2. Funcionamiento de la trampa vapor termostática .....	36
Figura 3.3. Funcionamiento de la trampa vapor flotador .....	36
Figura 3.4. Funcionamiento de la trampa de Balde Invertido .....	37
Figura 3.5. Pump Trap Armstrong .....	38
Figura 3.6. Vapor vivo (izquierda) y revaporizado (derecha) .....	39
Figura 3.7. Instalación de una cámara sensorial para revisión electrónica.....	40
Figura 3.8. Estetoscopio para revisión de trampas de vapor .....	40
Figura 3.9. Cámara termográfica FLIR B40.....	41
Figura 3.10. Ahorro por incremento de la eficiencia de combustión .....	43
Figura 3.11. Variación en la eficiencia de combustión con la temperatura de chimenea para diferentes niveles de exceso de aire.....	44
Figura 3.12. Incremento en la eficiencia por precalentamiento del agua de alimentación... 45	
Figura 3.13. Al lado izquierdo marmita con drenaje fijo por gravedad y al lado derecho marmita con drenaje inclinado por sifón .....	47
Figura 3.14. Modelo de sistema de gestión de la energía para la Norma 50 001 .....	50
Figura 3.15. Proceso de Planificación .....	51
Figura 3.16. Relación entre el desempeño energético y el SGE .....	52
Fuente: INTE/ISO Norma 50 001:2018 .....	52
Figura 3.17. Representación esquemática de la pirámide de indicadores energéticos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) .....	53
Figura 3.18. Concepto de período de referencia y período de presentación de informes para un Indicador de Energía.....	53
Figura 3.19. Resumen de la medición del rendimiento energético .....	54
.....	56

Figura 3.20. Pasos para el desarrollo del CMI .....	56
Figura 4.1. Caldera de 300 HP .....	62
Figura 4.2. Red de Trampeo Marmitas.....	62
Figura 4.3. Manifold para diferentes unidades del hospital .....	63
Figura 4.4. Motores eléctricos y bombas de la estación de búnker .....	63
Figura 4.5. Tuberías de distribución para unidades de Nutrición.....	64
Figura 4.6. Estación de regulación para centros de equipos.....	64
Figura 4.7. Tanques de agua caliente rehabilitación .....	65
Figura 4.8. Marmita del área de nutrición .....	66
Figura 4.9. Autoclave del área de centro de equipos, marca Matachana .....	66
Figura 4.10. Secadora unidad de lavandería.....	67
Figura 4.11. Gráfica de presiones de las calderas.....	69
Figura 4.12. Trampa de vapor de Balde Invertido Estación de Trampeo con vapor flash ...	96
Figura 4.13. Trampa de vapor tipo Balde Invertido operando correctamente.....	99
Figura 4.14. Pump trap abierta contra pump trap cerrada, área de oncología .....	100
Figura 4.15. Pump trap abierta, área de nutrición .....	100
Figura 4.16. Trampas 849, área de calderas .....	101
Figura 4.17. Trampa modelo 811, área de centro de equipos.....	102
Figura 4.18. Trampa de vapor en mantenimiento, área de oncología .....	102
Figura 4.19. Codificación para inspecciones de trampas .....	105
Figura 5.1. FODA del Sistema de Vapor del HSJD .....	121
Figura 6.1. Diagrama de la Caldera de Biomasa .....	133
Figura 6.2. Rejilla recíproca para el combustible de alimentación .....	138
Figura 6.3. Sistema de control de contaminación.....	139
Figura 6.4. Fotografía del modelo Hurst Feedmiser.....	140
Figura 6.5. Fotografía del modelo Hurst Desaireador .....	140
Figura 6.6. Fotografía del Sistema hidráulico .....	141
Figura 6.7. Secador Rotativo .....	142
Figura 7.1. Diagrama de la Norma INTE/ISO 50 001 del HSJD .....	145
Figura 7.2. Diagrama del Plan Estratégico .....	147
Figura 7.3. Diagrama del Plan Táctico .....	148

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 4.1.</i> Demanda Máxima Diaria por Hospital (kg/h) .....	79
<i>Gráfica 4.2.</i> Costo del Combustible Búnker C de junio de 2019 – junio de 2020.....	82
<i>Gráfica 4.3.</i> Consumo del Combustible Búnker C de junio de 2019 – junio de 2020.....	83
<i>Gráfica 4.4.</i> Costo vs Consumo del Búnker C de junio de 2019 – junio de 2020 .....	84
<i>Gráfica 4.5.</i> Consumo de Búnker C vs Emisión de CO <sub>2</sub> de junio de 2019 - junio de 2020	84
<i>Gráfica 4.6.</i> Costo de la Electricidad de junio de 2019 – junio de 2020.....	87
<i>Gráfica 4.7.</i> Energía (kWh) vs Demanda (kW) de junio 2019 – junio de 2020.....	88
<i>Gráfica 4.8.</i> Costo vs Consumo del Agua de junio de 2019 – junio de 2020 .....	90
<i>Gráfica 4.9.</i> Distribución de trampas de vapor por Marca.....	94
<i>Gráfica 4.10.</i> Distribución de trampas de vapor por tipo de funcionamiento .....	95
<i>Gráfica 4.11.</i> Resultados de operación de las trampas de vapor según la inspección térmica y visual.....	103
<i>Gráfica 4.12.</i> Distribución de las trampas de vapor por área .....	104
<i>Gráfica 5.1.</i> Órdenes de Trabajo 2020, área de calderas.....	110
<i>Gráfica 5.2.</i> Línea Base de costos unitarios de producción de vapor .....	115
<i>Gráfica 5.3.</i> Porcentajes de los costos de producción de vapor por fuente de energía .....	116
<i>Gráfica 5.4.</i> Diagrama Pareto de la capacidades nominales de demanda de vapor (kg/h) de las áreas del hospital .....	117
<i>Gráfica 5.5.</i> Diagrama Pareto de la demanda de vapor diaria (kg/h) de las áreas del hospital .....	117
<i>Gráfica 7.1.</i> Emisiones de GEI (CO <sub>2</sub> ) Búnker C vs Biomasa (chips de madera).....	154

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 3.1.</i> Cálculo del Valor Actual Neto .....	57
<i>Ecuación 3.2.</i> Cálculo de la Tasa Interna de Retorno .....	58
<i>Ecuación 4.1.</i> Carga de condensado para Ollas con Camisa de Vapor .....	73
<i>Ecuación 4.2.</i> Emisión de toneladas de CO2 equivalentes .....	85
<i>Ecuación 4.3.</i> Muestra poblacional con variable cuantitativa .....	97
<i>Ecuación 4.4.</i> Desviación estándar .....	98
<i>Ecuación 5.1.</i> Fórmula para el costo unitario de energía .....	113
<i>Ecuación 5.2.</i> Costo unitario de vapor .....	113
<i>Ecuación 5.3.</i> Fórmula de Napier .....	120
<i>Ecuación 6.1.</i> Energía de combustión búnker .....	126
<i>Ecuación 6.2.</i> Energía de combustión biomasa .....	127
<i>Ecuación 6.3.</i> Consumo equivalente de pellets .....	127
<i>Ecuación 6.4.</i> Potencia de consumo Caldera de Biomasa .....	135
<i>Ecuación 6.5.</i> Energía consumida por la caldera .....	135
<i>Ecuación 6.6.</i> Biomasa consumida por la caldera .....	135
<i>Ecuación 6.7.</i> Autonomía silo .....	136
<i>Ecuación 7.1.</i> Hectáreas de eucalipto necesarias .....	153
<i>Ecuación 12.1.</i> Tasa de Decrecimiento del Costo de Producción de Vapor .....	203
<i>Ecuación 12.2.</i> Operabilidad Sistema de Vapor .....	203
<i>Ecuación 12.3.</i> Fallas Atendidas .....	204
<i>Ecuación 12.4.</i> Índice Energético con respecto a los Costos de Producción de Vapor.....	204
<i>Ecuación 12.5.</i> Valor porcentual del Consumo de Combustible según Costos Totales de Producción .....	205
<i>Ecuación 12.6.</i> Eficiencia de los Ejecutores de las Órdenes de Trabajo .....	205
<i>Ecuación 12.7.</i> Encuestas al Personal .....	206
<i>Ecuación 12.8.</i> Tasa de Participación en Formación.....	206

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DIM: Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

SGE: Sistema de Gestión de la Energía

MGE: Modelo de Gestión de la Energía

HSJD: Hospital San Juan de Dios

HRBC: Hospital Nacional de Geriátrica y Gerontología Dr. Raúl Blanco Cervantes

HNN: Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera

GEI: Gases de Efecto Invernadero

CMI: Cuadro de Mando Integral

PHVA: Planear, Hacer, Verificar y Actuar

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

SOCO: Sistema de Operación, Control y Mantenimiento

MTSS: Ministerio de Trabajo y Seguridad

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica

AIE: Agencia Internacional de la Energía

RECOPE: Refinadora Costarricense de Petróleo

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

TLV: Compañía Especialista en Vapor

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

IRENA: Agencia Internacional de Energía Renovable



## RESUMEN

---

El presente proyecto se realizó en el sistema de vapor del Hospital San Juan de Dios, el cual representa uno de los hospitales clase A más importantes del país, por ende, la planta de calderas es fundamental para los procesos diarios. La falta de una gestión energética genera un desconocimiento en materia ambiental, energética y financiera del uso y consumo de vapor, lo que ocasiona que no se tenga un control óptimo del desempeño y una mejora continua de los procesos.

Se pudo demostrar que no existen datos energéticos del uso y consumo de la distribución de vapor monitoreados por indicadores de conocimiento, así como un control de los costos de producción. Se desarrolló un Sistema de Energía para determinar el desempeño energético de los procesos de distribución y trampeo, basándose en la norma ISO 50 001 y, de este modo, generar oportunidades de optimización, indicadores de medición y control de la energía para los diferentes subsistemas.

El sistema de gestión incluye una política energética basada en objetivos, metas y planes de acción relacionados con su eficiencia energética, uso y consumo de energía cumpliendo con los requisitos del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento (DIM) del Hospital. El desarrollo del modelo se basa en el marco de mejora continua del ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y hacer) o Deming, la cual es una herramienta para la gestión y mejora continua de los procesos. La primera etapa del ciclo Deming es la planificación que se puede sintetizar en el plan estratégico donde se comprende el contexto de las cuestiones internas de la planta, se establece de la política energética y los equipos de la gestión de la energía. De este modo se realizó un plan de trabajo para el análisis y evaluación de los procesos.

Posteriormente se desarrolló el plan táctico que incluye el análisis del sistema donde se conoció el contexto actual del DIM y la planta de calderas y sobre las prácticas para el correcto funcionamiento del sistema. Se desarrolló el análisis de las condiciones operativas de las calderas, donde se encontró que trabajan 4 unidades en turnos de 12 horas cada uno, cuentan con 2 calderas de 400 BHP y 2 de 300 BHP, que operan en parejas de una de 400

BHP con una de 300 BHP, además de que es un sistema que se instaló en el año 2016 con unidades de la marca Cleaver Brooks con combustible bunker.

Se realizó un análisis para la estimación de la demanda de vapor, dado que no cuentan con contadores del flujo, por lo que se efectuó un inventario con todos los equipos de consumo y por medio de cálculos, datos de fabricantes y entrevistas a los encargados de cada área se elaboró un horario de producción, y se determinó una demanda de 226 072,31 kg/h. El consumo de vapor se divide en 4 áreas; el Hospital San Juan de Dios, lavandería, Hospital Nacional de Niños y Hospital Raúl Blanco Cervantes, donde el área más significativa de producción es la lavandería, con un 37,86% de consumo dado lo robusto de los equipos.

Una vez identificada la demanda de vapor, se analizó los costos para la producción de vapor, como lo son el agua, demanda eléctrica, combustible y mantenimiento, teniendo el coste más significativo en el combustible con un 75% del total y los costos de mantenimiento con un 14%. Para finalizar la etapa de análisis se inspeccionaron las unidades de trampeo, dado que la necesidad de reducir los combustibles fósiles debido a los efectos adversos en materia ambiental ha sido una de las causas principales para búsqueda de formas adecuadas para el uso eficiente de los recursos. El análisis del sistema de condensado se desarrolló mediante técnicas de inspección efectivas, las cuales son potenciales para ahorro económico y energético. Se inspeccionaron 55 trampas con inspección visual y térmica, de diferentes sectores del complejo donde se hallaron 2 unidades con inoperancia y 3 unidades con problemas operativos.

La etapa de evaluación dentro del plan táctico determinó en materia administrativa de la planta de calderas, la falta de personal para el cumplimiento de labores diarias, costos de producción de vapor promedio de 40 980 377,87 ¢ y costos unitarios por libra de vapor de 5,97 ¢/kg. Se encontró que las pérdidas de condensado de las tramas de vapor van de 241,88 kg/h a 3870,11 kg/h con costos económicos de 654,73 ¢ hasta 10 475,6 ¢, además de la construcción de un balance energético para conocer la distribución de demanda, costos y porcentajes para cada equipo del sistema. Bajo esta evaluación se obtuvo que uno de los indicadores energéticos para el monitoreo y control del sistema es índices energéticos de costos de producción sobre demanda de vapor.

La segunda etapa del ciclo Deming es el hacer o implementación, que se fundamenta en las oportunidades de ahorro económico y energético desarrolladas en la etapa de evaluación del plan táctico, donde se desarrollaron los planes para la gestión de las trampas de vapor mediante la inspección visual y térmica y la evaluación para la detección y diagnóstico de los problemas operativos, convirtiendo las pérdidas en ganancias para el sistema. Dentro de las implementaciones tecnológicas se planteó la instalación de dispositivos electrónicos para el monitoreo en tiempo real de las unidades de trampeo, estos dispositivos son AIM 5700 de la marca Armstrong que efectúan una inspección por medio de ultrasonido y generan una disminución de las horas de mantenimiento invertidas para estos equipos, detección temprana e inmediata de los problemas operativos.

Para este sistema se realizó un análisis financiero bajo la inoperancia de una sola trampa de vapor marca Armstrong 811 del área de centro de equipos, la cual reportó problemas de operación en la inspección. Se logró un criterio financiero positivo con un retorno de la inversión en 2,68 años con un TIR 38,51% y un VAN positivo generando ganancias sobre la inversión inicial de los equipos, lo que hace que la inversión sea aceptable.

Al realizar la evaluación del sistema se encontró que los costos del combustible son los más significativos para los costos de producción y, dado que el uso eficiente de la energía se da en la actualidad más que nunca, como un requisito económico, ambiental y energético. Se propuso la implementación de una caldera de biomasa en reemplazo del 75% del consumo energético del sistema, es decir, reemplazar 2 calderas búnker (400 BHP y 300 BHP) por una caldera de biomasa de 600 BHP que opere 24 horas, fundamentado en la reducción de costos económicos anuales y disminución de gases de efecto invernadero. Seguidamente se realizó el análisis para decidir cuál combustible de biomasa era el más ideal y se concluyó que los chips de madera presentan mayores ahorros económicos.

El análisis financiero de la implementación tiene una serie de limitaciones dadas las crisis financieras que suceden a raíz de la pandemia de salud del 2020, que generó fluctuaciones en los precios del búnker, alcanzando valores de casi 90 ¢/l, por lo que en el presente periodo su instalación no es rentable. La proyección de la caldera se generó bajo una proyección al 2022, con la estabilización de los precios de búnker y la economía en

general. Bajo estas líneas de tendencia, se planteó el análisis y se obtuvo un retorno de la inversión de 4,70 años, con un TIR de un 20,27% y un VAN de \$ 1 274 653,59.

El Cuadro de Mando Integral (CMI) es una técnica bajo perspectivas financieras, cliente, procesos internos y el aprendizaje sobre los cuales se proyecta los indicadores energéticos para el control y medición del sistema. Así mismo, indicadores como la tasa de decrecimiento del costo de producción de vapor, índice energético con respecto a la producción de vapor, valores porcentuales del combustible según los costos totales de producción, la eficiencia de la ejecución de las órdenes de trabajo, capacitaciones del modelo de gestión, la intervención y apoyo de todos los sectores, así como implementaciones de registros de datos para el control de costos de producción, generan una mejora continua sobre la que está proyectada el modelo.

El proyecto se desarrolló bajo una investigación proyectiva, descriptiva y fundamentada a nivel comprensivo sobre una implementación de un modelo de energía. Considerando la mejora continua y el cumplimiento de los objetivos y metas planteados, se proponen las implementaciones bajo las limitaciones del proyecto.

**Palabras clave:** modelo de gestión energética, trampa de vapor, costos de producción, caldera biomasa, eficiencia energética, pérdidas de condensado, búnker.

## ABSTRACT

---

The absence of an energy management model based on the ISO 50 001 standard for the steam system of the Hospital San Juan de Dios produces disinformation on the energy performance, use and consumption of steam, preventing its environmental, financial and energy effects from improving through monitoring processes that could generate optimization opportunities.

There is no energy data from the system processes or control over steam production costs; therefore, an energy management model based on the ISO 50 001 standard is proposed. The systematic management model proposed is based on energy policy for steam production's continuous improvement of the efficiency that focuses on the leadership of senior managers, to establish objectives, goals and action plans that allow the institution to monitor the processes.

The PDCA (plan, do, check, act) cycle was applied (tool for the management and continuous improvement of processes), the planning stage was divided into the strategic plan and the tactical plan. The strategic plan analyzes internal issues of the current context of the boiler plant and the Engineering and Maintenance Department (DIM), to identify the work plan, risks, and opportunities, for an analysis and evaluation. In the tactical plan, an analysis of the use and consumption of energy was developed and the DIM conditions, operating conditions of the system and the costs of water, electricity demand, fuel and maintenance were obtained.

The second stage is Doing. Departing from a SWOT analysis action plans are proposed for the management of steam traps to convert energy and economic losses into profits. The proposal is to install Armstrong AIM 5700 to monitor systems, in order to generate real-time detection and diagnostics of each unit, which generates savings in maintenance and personnel time. These systems generate between 1% savings on steam production costs.

Through the evaluation of production costs, it was determined that a significant energy and economic saving measure is the implementation of a biomass boiler that replaces 75% of the energy consumption of the system, thus generating savings of 359 181, 64 \$ per year

that represents 20% of current production costs, in addition to the reduction of greenhouse gases.

The verification stage begins with the Balance Scorecard with energy indicators for the continuous improvement of the system focused on energy policy and action plans. The Acting stage is carried out after a period of monitoring time to analyze the results obtained. Finally, a comparison is made from the environmental, energetic, and financial perspective of the systematic and non-systematic system according to the implementations proposed under a projection.

**Key Words:** energy management model, steam trap, production costs, biomass boiler systems, energy efficiency, steam trap losses, bunker.

# 1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El Hospital San Juan de Dios es un centro médico público, el cual ocupa uno de los lugares más importante del país a nivel de salud. Es un hospital general clase A, que cuenta con todas las especialidades médico-quirúrgicas para atender patologías del tercer nivel. Como Institución Benemérita de la Patria tiene como objetivo velar por la salud de sus pacientes y por ofrecerles las mejores condiciones para su recuperación.

El hospital cuenta con una moderna planta para la producción de vapor que permite llevar a cabo las labores diarias, no solo en el centro médico sino en dos hospitales. La nueva edificación cuenta con 4 calderas con combustible tipo búnker, donde el suministro de vapor de esta planta es de vital importancia.

Un MGE es una serie de procedimientos y actividades, estructurados para administrar la implementación y operación de la energía dentro de una empresa, sector industrial o salud. Para una correcta aplicación se debe tener el compromiso y participación de los altos jefes de la institución. De este modo se establece una política energética que refleja la importancia de un SGE en la red de vapor del hospital.

Para el método de trabajo, se desarrolla primero un plan estratégico para conocer el funcionamiento de la planta, analizar el contexto actual, determinar riesgos y oportunidades de todo el sistema. Una vez identificados los elementos y características más relevantes se realizan planes de acción para abordarlos. Posteriormente se establece un plan táctico para la evaluación de las variables relevantes, que conduzcan a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético tanto en el uso y consumo de la energía, así como la eficiencia energética.

El planear representa el primer punto de la Norma INTE/ISO 50001. Seguidamente se realiza la implementación de mejoras para abarcar el hacer, donde se establecen el modo de ejecutar los procesos para una integridad del desempeño; el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo del sistema; integración de las actividades existentes y los cambios

tecnológicos como planes de gestión, sistemas de monitoreo y sistemas de generación de vapor con combustibles amigables, ya sean a corto, mediano y largo plazo.

Una vez establecidas las acciones e implementaciones se mide y se aprende de lo realizado. Dado que el proyecto queda en una etapa de propuesta a implementar, se realiza una comparación para determinar la proyección de la gestión no sistemática y sistemática, de este modo, se tiene una retroalimentación, y posteriormente se buscan nuevas mejoras del desempeño.

Al realizar el análisis de los costos producción de vapor contra las medidas generadas con el modelo de gestión, se pueden obtener resultados que plasman la importancia de establecer el sistema de administración de la energía que contribuya al aprovechamiento de los recursos, reducir el impacto ambiental e incorporación de nuevas tecnologías.



## **1.2. RESEÑA DE LA EMPRESA**

De acuerdo con CCSS (s.f.) referente a la historia de la institución se dice:

El 3 de julio de 1845, José María Castro Madriz, primer presidente de Costa Rica, decreta la creación del Hospital General de la República con el nombre de San Juan de Dios; Santo Patrón de hospitales, enfermos y menesterosos y que, en vida, se llamó Juan Ciudad y Duarte.

El Estado y el campesinado mediante la unión de esfuerzos, y liderados por la Junta de Caridad de San José, logran comprar la propiedad inicial y luego construir la primera edificación a base de bahareque, cal y tejas y compuesta por 20 camas: diez para hombres y diez para mujeres y, siendo el primer Obispo de Costa Rica, Anselmo Llorente y Lafuente, su gran Protector. Desde aquella fecha hasta el presente han transcurrido más de 170 años, entregando el Hospital San Juan de Dios en todo ese devenir invaluable servicios para beneficio de los habitantes de Costa Rica.

Una de las grandes faenas protagonizadas por el Hospital San Juan de Dios en beneficio de la Patria fue por motivo de la Campaña Nacional en la guerra contra los filibusteros comandados por el esclavista norteamericano William Walker, en la coyuntura 1856-1857. En este trascendental episodio para la vida nacional, indudablemente el Hospital San Juan de Dios se yergue como una fortaleza en función de atender a los maltratados y heridos soldados del ejército provenientes de los frentes de batalla localizados en Costa Rica y Nicaragua, así como también participa en aliviar la terrible crisis provocada por el cólera.

Otro de los grandes capítulos en donde queda al descubierto la extraordinaria labor humanitaria y asistencial ejecutada por el Hospital San Juan de Dios es en 1926 por motivo de la catástrofe ferroviaria del río Virilla, en esta tragedia el aporte del hospital no se hizo esperar. Esto por cuanto buena parte del cuerpo médico y de enfermería llega a brindar auxilio a los accidentados, así como a asesorar a otros colegas de Heredia y Alajuela.

Además de la atención de los trabajadores del ferrocarril al Atlántico, víctimas de todo tipo de enfermedades en las últimas décadas del siglo XIX, la tragedia ocurrida por motivo del terremoto de Cartago en 1910, la cruzada contra la anquilostomiasis, la tisis, la malaria y la tuberculosis durante la primera mitad del siglo XX, la lucha contra la polio en la década de 1950 y el cáncer, los accidentes de tránsito y las enfermedades cardiovasculares y crónicas para la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI, en fin, todo un complejo y amplio número de acontecimientos de índole médico asistencial en que la noble institución ha estado presente en función del adulto, el niño, la madre, el recién nacido, el humilde y el pudiente y, en tiempos con características conceptuales e ideológicas diferentes, concebidas al seno del mismo Estado: la Caridad, la Beneficencia, la Protección Social y la Seguridad Social.

A su vez, y aparte de su labor asistencial, al Hospital San Juan de Dios se le debe el desarrollo y avance de las especialidades médicas y quirúrgicas en Costa Rica, así como también diversas profesiones que tuvieron su punto de partida asociadas a su misma evolución: la enseñanza de la medicina, la microbiología, la enfermería, la farmacia, las tecnologías y diversas disciplinas académicas y científicas más.



*Figura 1.1.* Ubicación del Hospital San Juan de Dios

Fuente: Tomado de <https://www.google.co.cr/maps/place/Hospital+San+Juan+de+Dios>

### **1.3. VISIÓN**

#### Hospital San Juan de Dios

“Entregar atención integral a pacientes poli-complejos durante todo su ciclo vital, con funcionarios motivados, competentes y con vocación docente, que cuentan con apoyo material, tecnológico y de infraestructura, acorde a las necesidades de los usuarios” CCSS. (s.f.)

#### Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

“Seremos un Departamento líder en gestión de Ingeniería y Mantenimiento acorde con los estándares de calidad institucionales y normativa vigente, así como mejores tecnologías, en aras de superar las expectativas de los usuarios y en armonía con el ambiente” CCSS. (s.f.)

### **1.4. MISIÓN**

#### Hospital San Juan de Dios

“Ser reconocidos por resolver los problemas de salud de nuestros usuarios en forma acogedora, con altos estándares de calidad y eficiencia en la red asistencial asignada.” CCSS. (s.f.)

#### Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

“Proporcionar servicios de Ingeniería y Mantenimiento planificados para garantizar una operación eficaz y eficiente de las edificaciones, infraestructura y equipos del Hospital, que aseguren una atención integral a los usuarios internos y externos” CCSS. (s.f.)

## 1.5. VALORES

Dentro del Plan Estratégico Institucional (2019), la CCSS asume un plan para el cumplimiento de los retos esenciales para la estabilidad social del país, donde se desarrolla una metodología para cumplir con la misión, visión y valores. Los valores forman parte de los elementos medulares de la organización, junto a las declaraciones de misión y visión conforman el marco direccionador y orientador de las actividades desarrolladas por las personas. (CCSS, s.f.).

Caja Costarricense del Seguro Social (2019) se definieron los siguientes valores:

1. Responsabilidad: Asumir los deberes y obligaciones, con dedicación, constancia y disciplina, aceptando las consecuencias de sus actos.
2. Compromiso: Adherirse al cumplimiento de una promesa común y compartida, para el desarrollo de los objetivos institucionales.
3. Respeto: Atender y escuchar a las personas y sus asuntos, reconociendo su dignidad como seres humanos, sin distingo de ninguna naturaleza.
4. Cortesía: Demostrar las normas de comportamiento que revelan la manera adecuada de relacionarse con los demás en todos los ambientes en que se desarrolla
5. Honestidad: Actuar con rectitud a partir de la razón; ser incapaz de engañar o defraudar a las personas.

## 1.6. ORGANIGRAMA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

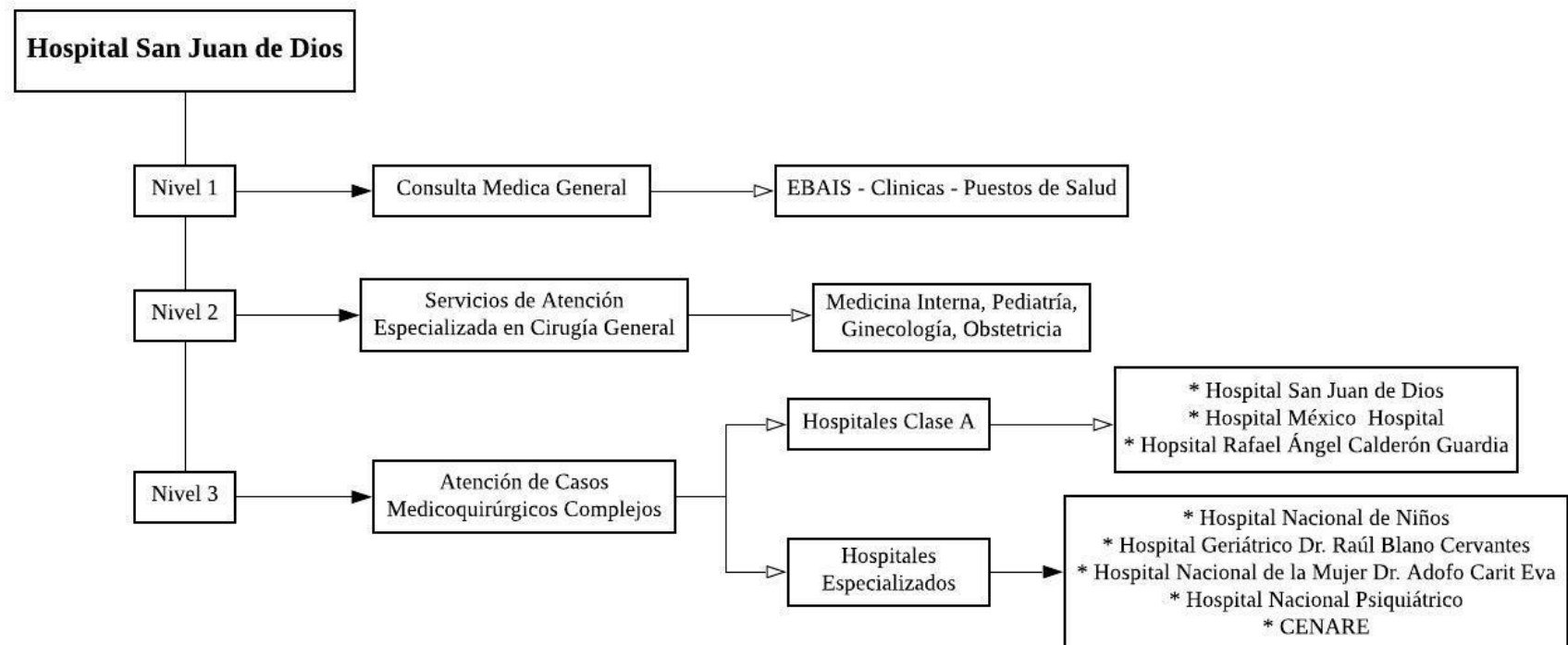


Figura 1.2. Organigrama del HSJD

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2020, (CCSS, s.f.)

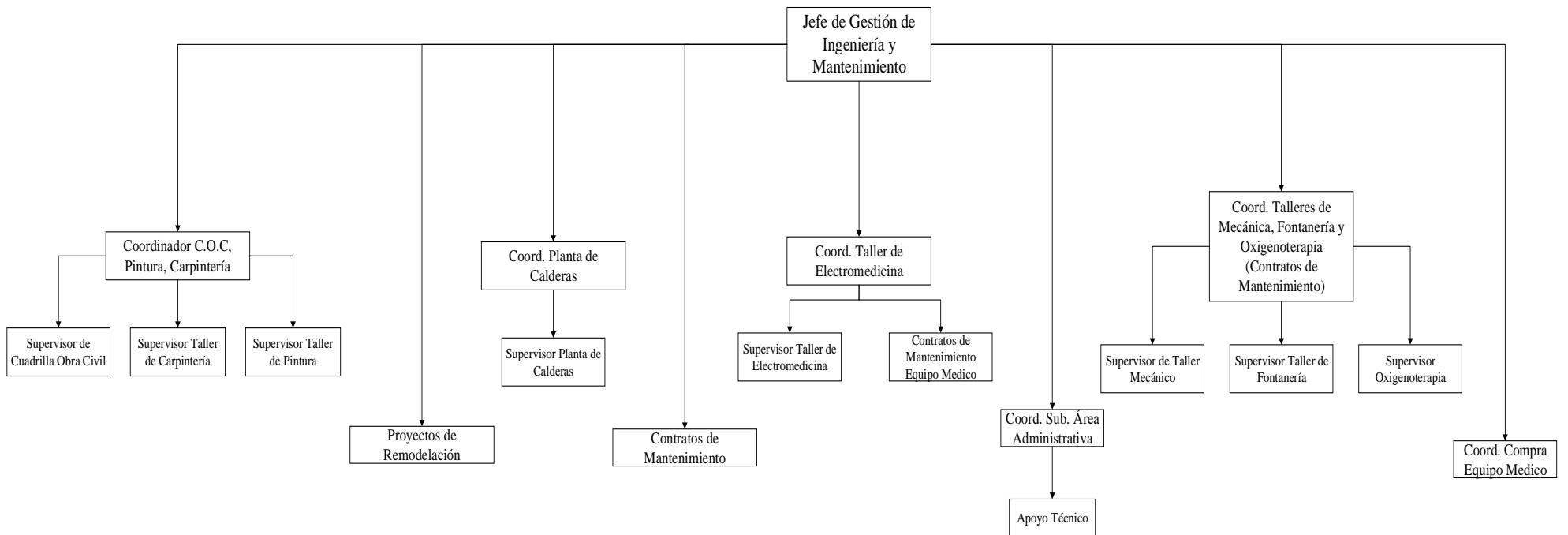


Figura 1.3. Organigrama del DIM

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2020, datos según DIM

## 1.7. PROCESO PRODUCTIVO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

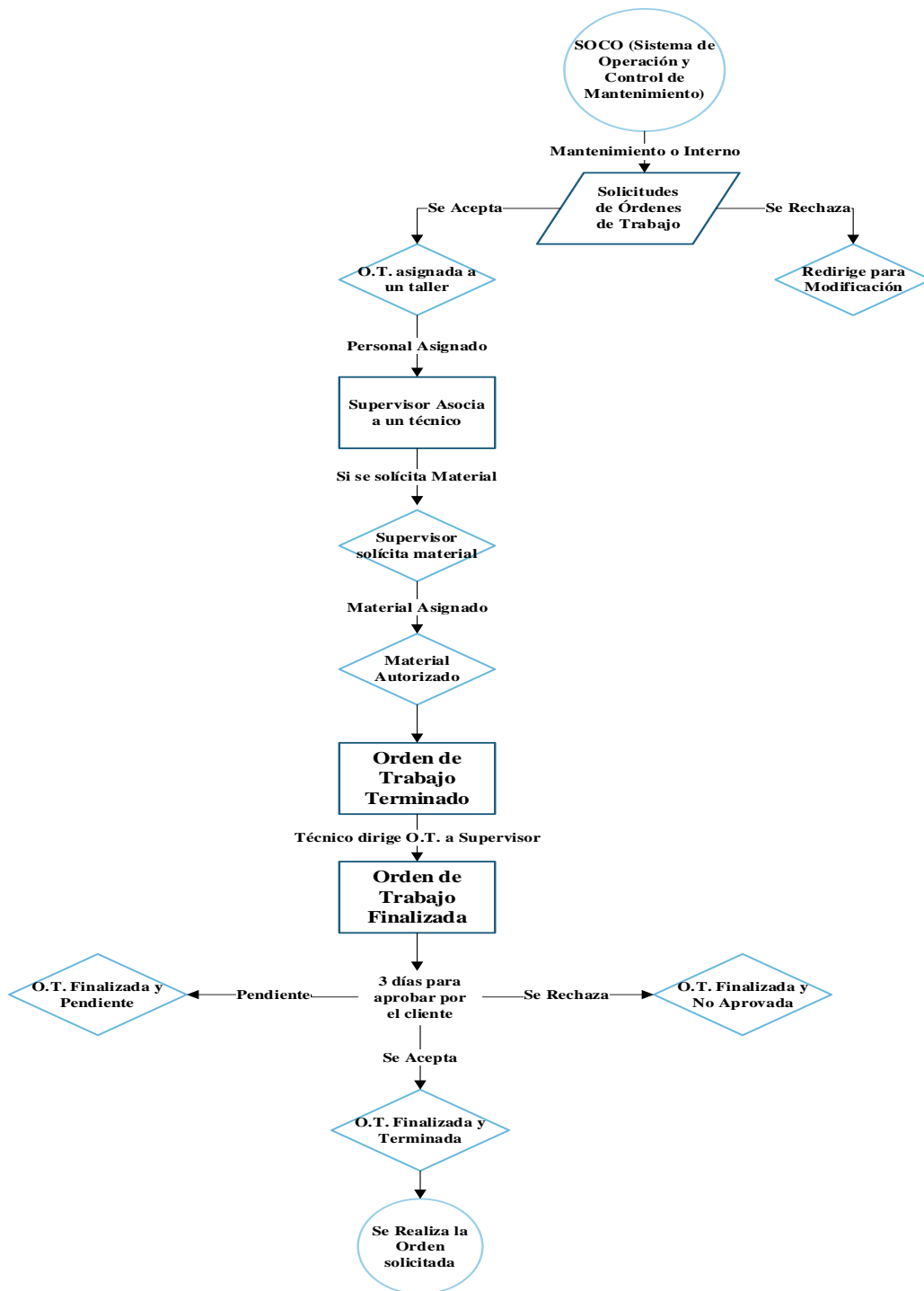


Figura 1.4. Proceso productivo DIM

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2020, datos según DIM

## 2. CAPÍTULO II DEFINICIÓN DEL PROYECTO

---

### 2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Tiene el Sistema de Vapor del Hospital San Juan de Dios un Modelo de Gestión de la energía para la mejora de su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía bajo los Criterios de la Norma INTE/ISO 50 001?

La planta de producción de vapor instalada en el HSJD no cuenta con un sistema de gestión de la energía. A partir de esto la red de vapor no cuenta con una política energética, por ende, no ha establecido objetivos, metas y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos y la información (registros, control, datos de equipos pasado y actual) con el uso significativo de la energía en el sistema, además de maneras de aprovechamiento eficientes bajo un marco sistemático.

Afirma en el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) (2015):

“La política energética de la actual administración está guiada por una orientación central que se puede resumir como sostenibilidad energética con un bajo nivel de emisiones. Con esto se entiende que el país debe aspirar a contar con un sistema energético nacional con un bajo nivel de emisiones de gases de efecto invernadero” (p. 1).

Con respecto al Plan Nacional de Energía es muy claro bajo la perspectiva económica, la orientación de la política energética va en dirección de la contribución a la competitividad, por medio del aumento de la eficiencia de los procesos de generación y de este modo reducir los costos de producción. Al no tener un sistema de gestión de la energía no se cuenta un punto de referencia de los usos significativos de la red de vapor, por ende, su impacto ambiental no disminuiría, así como tampoco la optimización de los costos de la energía.

De acuerdo con J.L, Peña e Hidalgo (2015) “la necesidad en la reducción de combustibles fósiles debido a los efectos adversos que ocasionan en el ambiente ha sido la causa principal para la búsqueda de formas adecuadas para el uso eficiente de todos los recursos energéticos”. (p. 1)

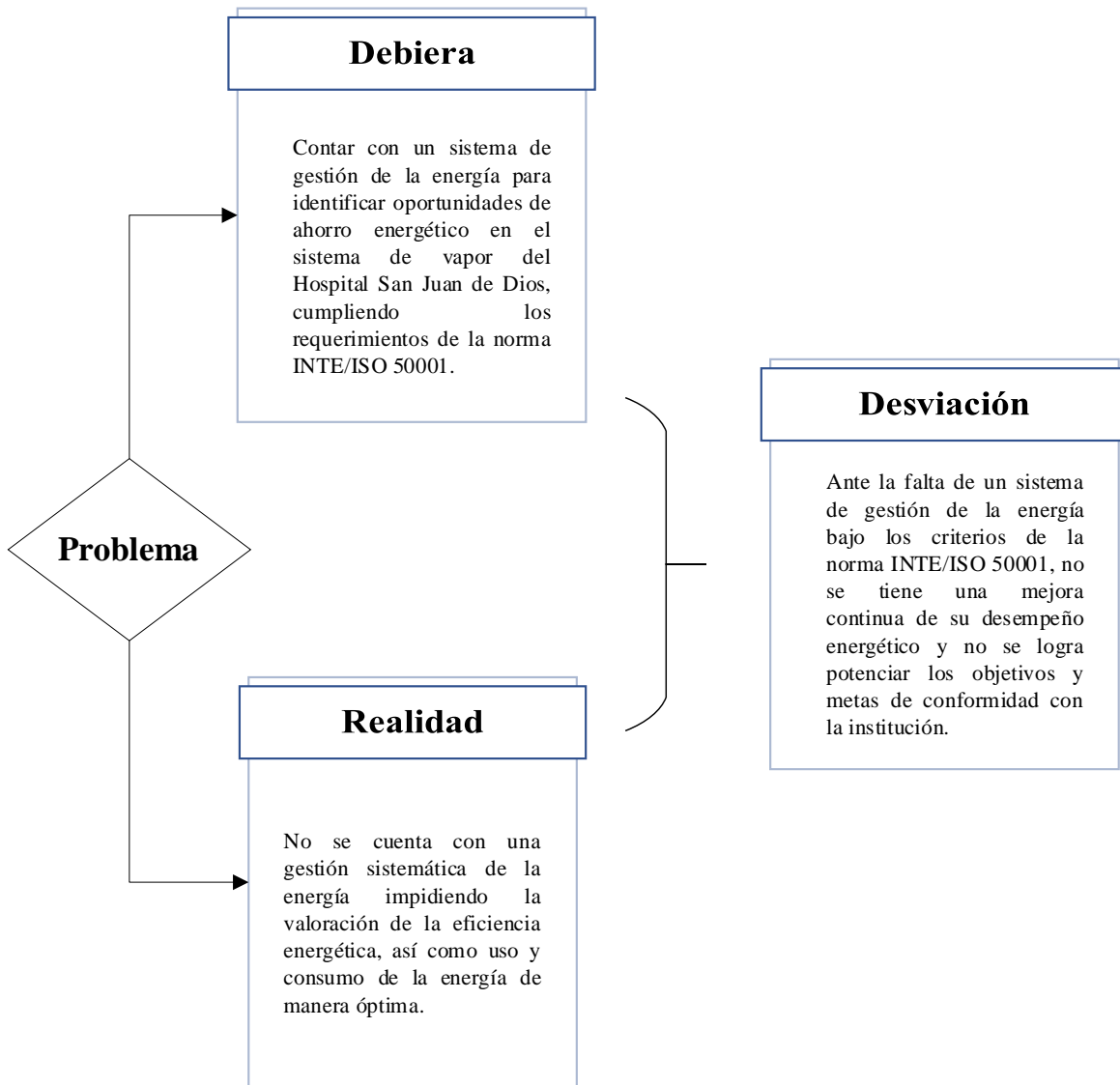


El tener una estructura energética eficiente, es más que un requisito económico dado que contribuirá a futuras generaciones. La aplicación paulatina de políticas y planes de acción para generar un ahorro de la energía conlleva al aprovechamiento de los recursos que se logran por la minimización del consumo de combustibles fósiles, que con su disminución se logran utilidades ambientales, además de explorar formas adecuadas para el uso sostenible de los bienes que se emplean a nivel de industria y servicios.

De acuerdo con la CCSS (2019) dentro de los desafíos institucionales que enfrentan

“De acuerdo con el estudio de Valuación Actuarial, realizado en el año 2017 por la Dirección Actuarial y Económica de la CCSS, el cual estima el balance ingresos-gastos para el período comprendido entre el año 2016 y 2030, se proyectan tasas de variación de los ingresos y de los gastos, en donde se estimó que los ingresos crecerán a una tasa cada vez menor, mientras que los gastos presentarán una tasa de crecimiento más acelerada durante todo el período, poniendo en riesgo el equilibrio financiero institucional” (p. 23).

Siguiendo este estudio, es necesario buscar maneras de cómo reducir gastos en materia de gestión de mantenimiento, uso y consumo de la energía. En este mismo contexto, la ausencia de un sistema de gestión de la energía no permite determinar el desempeño energético de la planta de vapor de una manera eficiente y eficaz, por ende, no se tiene noción de las oportunidades de ahorro en la matriz energética.



*Figura 2.1.* Diagrama de flujo del problema planteado

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2020

## 2.2. JUSTIFICACIÓN

El HSJD cuenta desde el 2016 con una novedosa planta para la producción de vapor, la cual opera con combustible tipo búnker que abastece a cuatro calderas. Este amplio sistema de vapor es empleado para realizar tareas como calentamiento del agua para el baño y desinfección de los pacientes, así como para la preparación de los alimentos, del lavado, secado y planchado de uniformes del personal y prendas de los pacientes, esterilizar equipos, instrumentos y ropa de funcionarios del hospital.

Esta estación de vapor no solo alimenta al HSJD, sino también al Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera (HNN) y al Hospital de Geriatria y Gerontología Dr. Raúl Blanco Cervantes (HRBC). Se observa que el sistema es de suma importancia, dada la cantidad de tareas que realiza, no solo en un hospital nacional sino en dos más y el abastecimiento de lavandería para otros complejos hospitalarios. Su correcta operación, generación y distribución de energía es fundamental para la operación del sistema de salud nacional.

Aunque la red de vapor es relativamente nueva, no cuenta con un MGE a partir del cual el hospital pueda promover y poner en práctica una política energética y, de este modo, establecer de manera sistemática objetivos, metas y planes de acción que tengan en cuenta información relacionada con el manejo del uso y consumo significativo de la energía, así como las maneras de aprovechamiento de los procesos.

El MGE para el sistema de vapor que se propone diseñar permitirá el cumplimiento de la política energética y Normas Internacionales como la Norma INTE/ISO 50001 (2018) que afirma lo siguiente; el SGE permite a la organización establecer y alcanzar las metas y los objetivos energéticos, tomar acción según lo necesite para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad de su sistema con los requisitos de este documento (p. 8).

La aplicación de la norma proporciona una serie de pasos para desarrollar una gestión sistemática orientada a la efectividad de la institución y se enfoca en la mejora continua del desempeño energético. Además, traza una correlación con la aplicación de herramientas que guían el desarrollo sostenible, económico y energético de una empresa o industria, que tienen

relación con las metas y objetivos de la política energética que se trazan en beneficio y la mejora continua del sistema. Las implementaciones tanto administrativas como tecnológicas se desarrollan para la minimización de los recursos financieros y la huella ambiental por la producción de vapor con combustibles fósiles, en busca de medidas que generen ahorros económicos y nuevas formas de producción de la energía más amigables con el ambiente.

De acuerdo con el MINAE (2015) “la eficiencia energética mejora la competitividad del sistema productivo del país, evita el desperdicio y, por ende, disminuye las inversiones e impactos sociales y ambientales del desarrollo energético” (p. 17). Tanto el suministro como la demanda de la red vapor, al no tener un modelo de gestión sistematizado y metódico, mantendría una línea de tendencia fluctuante, que no tiene una administración de cómo disminuir los futuros impactos ambientales, económicos y energéticos, sobre los cuales se requiere tomar acciones políticas.

Al ser este sistema parte de una institución pública tan importante, y de la cual depende gran parte del sector salud del país, tiene que ir en la dirección del desarrollo sostenible que asegure las necesidades presentes sin comprometer las futuras. Así mismo, la implementación de un MGE de la estación de vapor para disminuir los costos relacionados a la energía e impactos ambientales para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos institucionales.

## **2.3. OBJETIVOS**

### **2.2.1. Objetivo General**

Diseñar un Modelo de Gestión de la Energía del Sistema de Vapor del Hospital San Juan de Dios para la mejora de su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía bajo los Criterios de la Norma INTE/ISO 50 001.

### **2.2.2. Objetivos Específicos**

1. Analizar el uso y consumo de la red de vapor para la determinación de las áreas de uso significativo de la energía mediante la inspección operativa de las calderas, equipos de suministro, costos operacionales y análisis visual y térmico de las trampas de vapor.
2. Evaluar la estructura energética de la red de vapor por medio de un estudio exploratorio para la determinación de los costos de producción de vapor y pérdidas de energía de las trampas de vapor, así como la implementación de una caldera de biomasa de 600 BHP en sustitución del 75% del consumo energético de la planta.
3. Desarrollar una política energética para el establecimiento de objetivos, metas y planes de acción financieros y operacionales mediante la Norma INTE/ISO 50 001 para sistemas de gestión de la energía y un Cuadro de Mando Integral (CMI).
4. Comparar el impacto financiero, energético y ambiental de la gestión energética no sistemática contra la gestión energética sistemática de la red de vapor mediante horizonte de proyección e indicadores financieros (TIR, VAN, PR).

## 2.4. METODOLOGÍA

<b>Etapas</b>	<b>Objetivo Planteado</b>	<b>Actividades por Realizar</b>	<b>Forma de análisis de los datos</b>
<b>1</b>	Analizar el uso y consumo de la red de vapor para la determinación de las áreas de uso significativo de la energía mediante la inspección operativa de las calderas, equipos de suministro, costos operacionales y el análisis visual y térmico de las trampas de vapor.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Levantamiento de Inventarios.</li> <li>2. Inspección de los equipos.</li> <li>3. Análisis Operativo de equipos.</li> </ol>	Estudio de datos obtenidos.
<b>2</b>	Evaluar la estructura energética de la red de vapor por medio un estudio exploratorio para la determinación de los costos de producción de vapor y pérdidas de energía de las trampas de vapor, así como la implementación de una caldera de biomasa de 600 BHP en sustitución del 75% del consumo energético de la planta.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cálculo de los costos de producción.</li> <li>2. Balance energético del sistema de vapor</li> <li>3. Cálculo de las pérdidas de condensado de las trampas de vapor.</li> <li>4. Análisis de la implementación de una caldera de biomasa de 600 BHP y sistemas de monitoreo para trampas de vapor.</li> </ol>	Estudios de datos obtenidos y Tablas de resumen.
<b>3</b>	Desarrollar una política energética para el establecimiento de objetivos, metas y planes de acción financieros y operacionales mediante la Norma INTE/ISO 50001 para sistemas de gestión de la energía y un Cuadro de Mando Integral (CMI).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollo de la política energética</li> <li>2. Elaboración de planes de acción</li> <li>3. Desarrollo de implementaciones para optimización del Sistema de Vapor</li> <li>4. Desarrollo de Cuadro de Mando Integral (Indicadores de medición)</li> </ol>	Informe de resultados .
<b>4</b>	Comparar el impacto financiero, energético y ambiental de la gestión energética no sistemática contra la gestión energética sistemática de la red de vapor mediante horizonte de proyección e indicadores financieros (TIR, VAN, PR).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis de los indicadores medición para su ahorro energético.</li> <li>2. Análisis ambiental por medio de la disminución de los gases de efecto invernadero.</li> <li>3. Desarrollo de flujos financieros bajo criterio de indicadores económicos.</li> </ol>	Informe financiero.

*Figura 2.2. Cuadro de Desarrollo Metodológico del Proyecto*

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Para el desarrollo del presente proyecto cada una de las fases descritas a continuación cumplen con un orden cronológico.

### **Fase 1. Análisis de la situación actual del sistema de vapor**

La primera fase comienza solicitando los planos de la red de vapor con el fin de compararlos con la condición actual de la planta, para que cumplan con la distribución de equipos instalados para evitar un problema a futuro. Se procederá a analizar y examinar los sistemas de generación de vapor para conocer cómo se recibe la energía en el hospital, se transforma y consume por los equipos.

### **Fase 2. Estudio de los equipos del sistema de vapor como calderas, trampas de vapor, equipos de suministro y estimación de la demanda de vapor**

En la fase 2 se desarrolla un levantamiento de inventario de la cantidad de equipos como trampas de vapor, calderas, equipos de demanda de vapor según su tipo, capacidad, estado físico y funcionamiento. De igual modo, se realiza la estimación de la demanda de vapor con la información recolectada de los equipos de demanda, por medio de datos del fabricante y cálculo de su capacidad nominal.

### **Fase 3. Métodos de inspección de las trampas de vapor y costos de producción de vapor**

En la fase 3 se desarrollan diversos métodos para verificar el comportamiento y funcionamiento de las trampas de vapor por medio de equipos de temperatura e inspección visual para determinar las anomalías en estos equipos. Los costos de producción de vapor se estiman mediante la suma de costos energéticos de agua, electricidad, combustible y mantenimiento.

#### **Fase 4. Evaluación de las pérdidas energética de las trampas e implementación de la caldera de biomasa de 600 BHP**

Con las fases anteriores se conoce detalladamente el conjunto de procesos, la estructura de uso y consumo energético de la planta, además de potenciales puntos donde centrar esfuerzos para lograr mayor ahorro energético. El análisis de eficiencia energética se realiza por medio de la evaluación de las pérdidas energéticas de las trampas de vapor y los costos por unidad de  $\text{¢/kg}$ , estimando la utilidad y valorando las pérdidas energéticas. La implementación de la caldera de biomasa comienza con el análisis técnico de la selección de equipo correcto, además de análisis energético y ambiental versus la producción de vapor actual con combustibles fósiles.

#### **Fase 5. Evaluación de medidas de ahorro energético**

Una vez establecidos los planes de acción se determina las medidas de ahorro energético, como mejora de la eficiencia con el consumo energético de equipos, de la distribución de la energía, recuperaciones energéticas por medio de una auditoría energética (ahorro energético y económico) e indicadores de eficiencia energética.

#### **Fase 6. Desarrollo del Sistema de Gestión de la energía**

En la fase 5 conociendo la situación energética se procede a desarrollar las políticas, metas y planes de acción financieros y operacionales para la optimización de la red de vapor por medio de las Normas ISO 50 001 y el CMI.

#### **Fase 7. Desarrollo de comparación energética del modelos no sistemático y sistemático**

En la fase 7, mediante un análisis financiero con respecto a las oportunidades de ahorro energético planteadas, se realiza una proyección de los beneficios en materia económica, energética y ambiental del modelo de gestión sistemático contra el modelo no metódico que se tiene actualmente.



## **2.5. ALCANCES**

El proyecto se centrará en la realización de un Sistema de Gestión de la Energía de la red de vapor del HSJD, el cual cuenta con equipo relativamente nuevo de 4 calderas búnker que alimentan 3 hospitales en total, destinados a diferentes tareas de producción del hospital. El desarrollo de esta propuesta de gestión de la energía se fundamenta bajo los criterios de la Norma ISO 50 001.

El proyecto quiere poner en evidencia la falta de un Sistema de Gestión de la Energía en la red de vapor y generar una política energética, objetivos, metas y planes de acción tanto financieros como operacionales para un ahorro energético y económico que beneficie al hospital, optimizar el sistema y generar una matriz energética más limpia.

Esta política representaría un avance a nivel energético por parte del hospital en presentar un sistema de abastecimiento con un SGE bajo normas que mitiguen el impacto ambiental, económico y energético del país. Por medio de una red sostenible que cumpla con los planes del Plan Nacional de Energía y Plan Estratégico de la CCSS, se generaría una huella de conservación de vapor. La información desarrollada en este proyecto servirá de base para llevar a cabo nuevos proyectos para el beneficio del sistema de vapor del Hospital San Juan de Dios.

## **2.6. LIMITACIONES**

Debido a la amplitud de la red de vapor no se dispone de un equipo de análisis adecuado para el desarrollo en tiempo real del funcionamiento de sectores de uso significativo y la recolección de información será una de las principales limitantes del proyecto. La falta de registro de la situación de los equipos de uso significativo retrasa el análisis de uso y consumo de la red.

Otra limitante es que el proyecto se centra en un análisis energético por medio del diseño del sistema de gestión de la energía, pero dada las circunstancias de tiempo del proyecto no se puede implementar y evaluar.

## **2.7. VIABILIDAD**

La realización del proyecto cuenta con el apoyo del DIM y del HSJD, quienes, bajo la solicitud del estudiante, proponen la incertidumbre para el problema a resolver. Estos departamentos cuentan con ingenieros altamente capacitados y con mucha experiencia, además de técnicos y operarios de planta del sistema de vapor con una gran trayectoria y de los cuales se tiene todo a disposición.

Como se mencionó anteriormente la planta fue inaugurada recientemente en el año 2016, con la sustitución de tanques viejos de búnker. Esta nueva planta se encuentra en condiciones favorables para realizar el proceso de análisis y medición para posteriormente determinar acciones, implementar y verificar las acciones tomadas. Además, cuenta con planos que, aunque se encuentren desactualizados, facilitan la documentación y la reducción de tiempos para hallar información sobre el sistema.

La Escuela de Ingeniería Electromecánica, la cual está a la disposición del estudiante cuenta con equipos de medición de sistemas de vapor altamente competitivo, de los cuales se les puede sacar provecho y ayudarán de manera significativa a la realización del proyecto. Por esta razón, se puede concluir que el proyecto es viable, además de que la realización del proyecto de generar un beneficio a nivel ambiental, económico y social del Hospital San Juan de Dios y a los demás hospitales que obtienen provecho de la red de vapor, ya que tendrán indicadores del sistema productivo y donde se encuentran las deficiencias.

## 2.8. PLAN DE TRABAJO

Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería Electromecánica Diagrama de Gantt Modelo de Gestión de la Energía para el Sistema de Vapor del Hospital San Juan de Dios bajo los Criterios de la Norma INTE/ISO 50 001																		
No.	Actividad	31/8/2020	7/9/2020	14/9/2020	21/9/2020	28/9/2020	5/10/2020	12/10/2020	19/10/2020	26/10/2020	2/11/2020	9/11/2020	16/11/2020	23/11/2020	30/11/2020	7/12/2020	14/12/2020	25/1/2021
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17
1	Análisis de la situación actual del sistema de vapor.																	
2	Estudio de las trampas de vapor y equipos de demanda.																	
3	Métodos de inspección de las trampas de vapor y Motores																	
4	Evaluación de medidas de ahorro energético.																	
5	Análisis de eficiencia energética.																	
6	Desarrollo del Sistema de Gestión de la Energía.																	
7	Comparación de Sistemas																	
8	Revisión Final del Modelo de Gestión.																	
9	Finalización del Trabajo Final Escrito (Borrador).																	
10	Entrega del borrador al Profesor Guía.																	
11	Revisión por parte del Guía.																	
12	Revisión por parte del Filólogo.																	
13	Presentación Final.																	

Figura 2.3. Diagrama Gantt

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

## 3. CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

---

### 3.1. MARCO CONCEPTUAL – SISTEMA DE VAPOR

#### 3.1.1. Calderas

Según el Ministerio de Trabajo y Seguridad (MTSS) (2001) define a la caldera como:

“Un recipiente cerrado para ser usado fuera de él, a una presión atmosférica, además de los supercalentadores, recalentadores, economizadores, u otras partes a presión, conectadas directamente a la caldera, sin la intervención de válvulas, serán consideradas como parte de esta. Se debe considerar que una caldera debe estar alojada en un cuarto de calderas que es una edificación independiente de la planta, la cual debe cumplir los requisitos según Código de Construcción y lo que se establece en el reglamento” (p. 2).

Estos cuartos pueden alojar más de 1 caldera y necesitan de un operador para su manipulación, vigilancia y cuidado. De acuerdo con el MTSS, en el Reglamento de Calderas (2001) clasifican las calderas según capacidad en 4 categorías: clase A ( $x > 7500 \text{ kg/h}$ ), clase B ( $7500 \text{ kg/h} > x > 2000 \text{ kg/h}$ ), clase C ( $x > 70 \text{ kg/h}$ ) y clase D (hasta  $70 \text{ kg/h}$ ). Cabe mencionar que la  $x$  es un valor variable del flujo másico nominal de vapor que puede significar un rango intermedio entre los valores dados, mayor o menor al valor determinado.

#### 3.1.2. Tipos de Calderas

##### Pirotubular

De acuerdo con Garro (s.f.)

“Una caldera pirotubular se caracteriza porque los gases de combustión se hacen pasar a través de una serie de tubos, los cuales están sumergidos en el agua de la caldera y actúan como medio de transferencia de calor. En estas calderas la presión de operación estándar es de 17 bar (750hp), debido a su construcción más allá de esto no resulta económicamente viable” (p. 6).

Este tipo de calderas se puede colocar en 2 configuraciones horizontal o tipo tambor y tipo escocés.

## Partes de la caldera pirotubular

Según Garro (s.f.) las principales partes de una caldera pirotubular son las siguientes:

1. Casco: Es el cuerpo de la caldera de tubos de humo y en sus extremos se conectan los cabezales.
2. Cubierta: Es la parte exterior de la caldera, bajo ella se encuentra el aislante térmico y bajo el aislante térmico se encuentra la superficie del casco.
3. Tubos: Son los fluses que se fijan al cabezal por medio de expansión.
4. Horno: Es la parte de la caldera donde se realiza el proceso de combustión y se forma la llama para la transferencia de calor.
5. Cabezales: Son los que soportan los tubos por los cuales pasan los gases de combustión.
6. Cajas de humo: También se conocen como cámaras de humo, su objetivo dentro de una caldera es la recolección de los gases calientes de un paso y enviarlos hacia un segundo paso o retorno.
7. Espejo: Los espejos se ubican en la parte posterior de la caldera frente al cabezal y su función es evitar la transmisión de calor de los gases de combustión hacia el aire que rodea la caldera. Recordemos que una caldera no es 100% eficiente, por lo cual puede haber filtraciones e infiltraciones de aire.
8. Chimenea: Es la encargada de evacuar los gases de la combustión a la atmósfera.
9. Dispositivos de limpieza: Las puertas son para la limpieza de la de caldera y se encuentran en las cajas de humo, y se usan para remover el hollín y para cambiar tubos. También se encuentran los registros que su función es la limpieza de sedimentos y lodos, así como para inspección de las partes en contacto con el agua.
10. Quemador: Es la parte de la caldera que se encarga de hacer la mezcla para la combustión entre el aire, combustible y la chispa (arco eléctrico o pre llama).
11. Columna de agua: Su principal función es mostrar el nivel del agua en la caldera por medio de mirillas de vidrio, además cuentan con boyas conectadas mecánicamente a interruptores que abren y cierran contactos que activan y desactivan las bombas de agua para alimentación de la caldera.

12. Sistema de control: Dentro de estos sistemas se encuentran los presostatos de trabajo y seguridad para regulación de la presión. El control proporcional de presión envía señales al modular y de acuerdo con la señal aumentará o disminuirá la cantidad de aire o combustible. Finalmente, las válvulas de seguridad que están graduadas a una presión determinada que no puede sobrepasar la caldera y la válvula de purga de fondo para descarga agua, lodos que se formen en el fondo, etc.

### **Acuotubular**

“En las calderas acuotubulares como bien su nombre lo dice, los gases de combustión pasan por fuera de los tubos y por dentro de estos tubos pasa el agua. Este tipo de calderas son generadores (>1000 BHP)” (Garro, s.f., p. 12). Las calderas acuotubulares son de mayor capacidad que las calderas pirotubulares. Así mismo, en este tipo de unidades se encuentran las calderas de biocombustibles como lo son la biomasa, también se encuentran las calderas híbridas que funcionan con ambos combustibles, las cuales se explicarán más a detalle en las siguientes secciones.

### **Partes de la caldera acuotubular**

Según Garro (s.f.) las principales partes de una caldera acuotubular son las siguientes:

1. Sistema de alimentación de combustible: Estos sistemas dependen del tipo de caldera y tipo de combustible, para el caso del búnker está constituido por un tanque de combustible, una bomba y un quemador con boquillas y otro combustible para alimentar la pre llama.
2. Parrillas de Combustión: Es donde se realiza la combustión del sistema.
3. Domos de vapor: El domo superior es donde se acumula el vapor producido antes de ser recalentado y en la parte inferior contiene agua.
4. Domo de Lodos: El domo inferior es para drenar o extraer los lodos y los concentrados de sales por medio de una válvula de purga.
5. Sistema de alimentación de agua: Este sistema dentro de la caldera acuotubular cuenta con un tanque de bombeo, equipo de tratamiento de agua, desmineralizador y un tanque de retorno de condensados.

6. Sobre calentador: Una vez que el vapor se encuentra en el domo de vapor, su función es llevar el vapor generado (domo superior) a vapor saturado o sobrecalentado.
7. Sopladores de hollín: Como lo dice su nombre eliminan el hollín para su expulsión por la chimenea.
8. Ventiladores: una caldera acuotubular cuenta con 2 ventiladores, uno de tiro forzado para el aire de combustión y otro de tiro inducido para succionar los gases producto de la combustión.

Las calderas acuotubulares cuentan con todo su sistema de control mencionado en el apartado de las partes de la caldera pirotubular, pero además también cuentan con chimenea, hogar tubos y paredes de agua.

### **3.1.3. Biomasa**

#### **¿Qué es Biomasa?**

La biomasa es materia orgánica que puede ser utilizada como fuente de energía, puede ser tanto de origen animal como vegetal, además de ser obtenida de manera natural o artificial por medio de transformaciones. Existen diferentes tipos de biomasa, la de origen natural mediante un proceso de la naturaleza, residual, proveniente de actividades humanas y producida para cultivo energético, donde su finalidad es el aprovechamiento directamente del combustible orgánico.

De acuerdo con el Tecnológico de Costa Rica (2018) en su revista Pensis afirma:

“La biomasa podría representar el 60% del uso de energía renovable en el mundo, por ende, es un combustible que va en aumento y el país se enfrenta a un dilema: ser más competitivo en el costo tarifario de energía eléctrica, pero también debe asegurar el suministro de energía de manera sostenible, para una sociedad que le apuesta al desarrollo”. (p. 11)

Por este motivo es que el país tiene como meta ser una economía baja en emisiones con su incursión en la producción de energía limpia por medio de biomasa seca, que se origina en plantaciones dendroenergéticas sin presión por los recursos del bosque.



## Calderas de Biomasa

De acuerdo con Hildebrandt Gruppe (s.f.) las calderas de biomasa son un intercambiador de calor que aprovecha los recursos orgánicos para generar energía limpia. Este tipo de calderas pueden ser utilizadas para calefacción, refrigeración y producción de agua caliente, ya sea para viviendas o para industrias, además, al ser un sistema más complejo, se puede obtener energía eléctrica y biocombustibles a partir de este material.

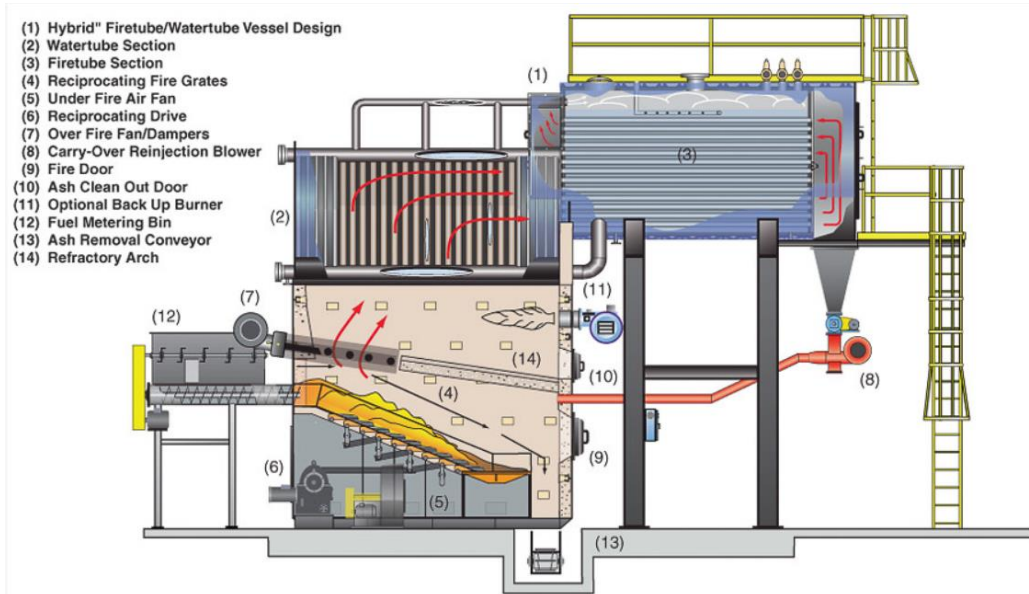


Figura 3.1. Caldera de Biomasa

Fuente: Hurst Boiler (s.f.)

Este tipo de calderas por lo general están compuestas de un sistema de almacenamiento (silo), un sistema de alimentación de combustible y agua, sección de extracción y almacenamiento de cenizas (filtros), acumuladores inerciales. Hildebrandt Gruppe (s.f.) clasifica las calderas de biomasa en las variedades:

1. Convencionales adaptadas: Calderas antiguas que originalmente se usaban con carbón y que pueden ser adaptadas para trabajar con biomasa. Son económicas pero su eficiencia es reducida en comparación con otros sistemas.
2. Estándar: Tienen un alto rendimiento y sistemas automáticos de limpieza y suministro. A partir de este tipo de calderas se han desarrollado modelos de alta eficiencia.

3. Mixtas: Funcionan con distintos tipos de biocombustibles y es posible cambiar de uno a otro de forma rápida y eficiente.
4. Condensación: Son pequeñas, usan un intercambiador para calentar agua y recuperan la energía latente de la condensación con lo que consiguen ahorrar combustible.
5. Híbridas: Calderas que tienen dos pasadas a una membrana de agua tipo caldera con tubos de agua y un recipiente marino escocés de tubo de fuego de dos pasadas. Las ventajas de estas calderas sobre las calderas de tubo de agua estándar incluyen “un área de desconexión de vapor mucho más grande que proporciona vapor de alta calidad, mayor capacidad de almacenamiento de vapor para una respuesta más rápida a la demanda repentina de vapor y un almacenamiento térmico mucho más grande que proporciona tiempos de respuesta de demanda más rápidos y una operación más segura”.

### **Ventajas de las Calderas de Biomasa**

- a) Precio competitivo y estable
- b) Energía inagotable y de rápida regeneración
- c) Alta eficiencia energética
- d) Menor cantidad de GEI emitidos
- e) Disminución de la huella de carbono

### **Desventajas de las Calderas de Biomasa**

- a) Mayor espacio de almacenamiento
- b) Más robustas que una caldera convencional de combustible fósil
- c) Mayores costos de mantenimiento y de instalación
- d) Menor poder calorífico
- e) Menor autonomía

### **3.1.4. Combustión**

Garro (s.f.) presenta la siguiente definición para combustión:

“La combustión es el proceso que se desarrolla dentro de la caldera, en el cual se queman los combustibles que alimentan la caldera para generar fuego. En el cual se realiza por medio de una reacción química donde se tiene combustible, aire dado que es una fuente conveniente y constante de oxígeno, estas 2 sustancias se hacen llegar a un quemador anteriormente mencionado para que realice la reacción química por medio de una chispa” (p. 19).

El proceso de combustión no es un 100%, ya que tiene pérdidas, la cantidad de aire en la combustión depende del tipo de combustible, diseño de la caldera y si no se provee de la cantidad requerida de aire se genera combustible no quemado (hollín) y otros productos de combustión que generan gases no deseados. Si la cantidad de aire es mayor a la requerida, la eficiencia de la caldera disminuirá, pues parte del combustible se utilizará solamente para calentar el aire de exceso.

### **3.1.5. Trampas de Vapor**

Como menciona Armstrong (1998) el trabajo de una trampa de vapor es sacar condensado, aire y CO<sub>2</sub> del sistema de manera muy rápida. En términos generales cumple la función de distinguir entre vapor y condensado, reteniendo el primero y descargando este último. Asimismo, para una mayor eficiencia se debe también ofrecer una pérdida mínima de vapor, larga vida y servicio seguro, resistencia a la corrosión, venteo del aire y CO<sub>2</sub> y contrapresión.

### **3.1.6. Tipos de Trampas de Vapor**

#### **Termostática**

1. Tipo presión equilibrada: este tipo de trampa basa su funcionamiento por medio de una mezcla alcohólica con un punto de ebullición menor al del agua. Es de volumen pequeño, descarga de aire y de condensado.
2. Tipo expansión líquida: Este tipo de trampa ahorra vapor, descarga aire fácil, se puede usar con vapor sobrecalentado y la capacidad de descarga es máxima cuando está frío. Este tipo de trampas se usan en equipos como autoclaves.

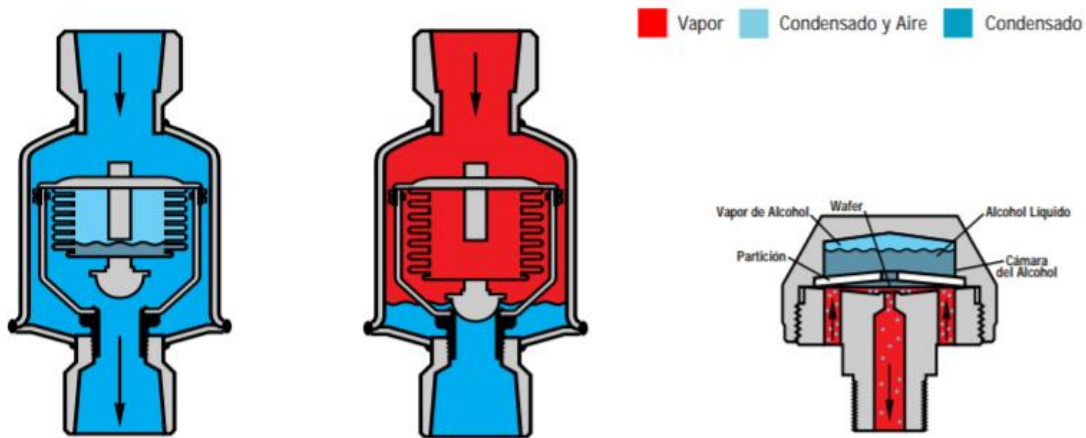


Figura 3.2. Funcionamiento de la trampa vapor termostática

Fuente: (Armstrong, 1998, p. 14)

## Mecánica

### 1. Tipo flotador

De acuerdo con Armstrong (1998) define a las trampas mecánicas de tipo flotador como:

“Una trampa mecánica que opera basada en el concepto de densidad: una palanca conecta la bola del flotador a la válvula y su asiento. Su funcionamiento es que se eleva una vez que el condensado llega hasta cierto nivel en la trampa, abriendo el orificio de la válvula y drenando el condensado. Este tipo de trampas se usan en equipos como hornos, volcadoras rotativas, calentador de aire y flujo cruzado” (p. 12).

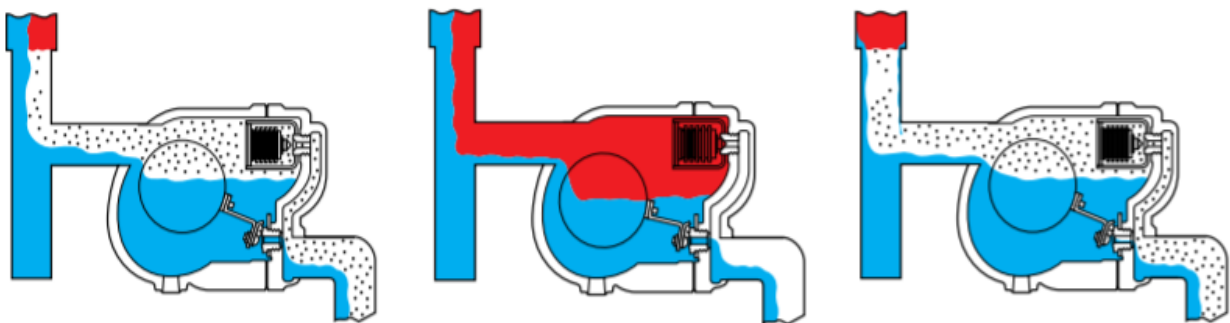


Figura 3.3. Funcionamiento de la trampa vapor flotador

Fuente: (Armstrong, 1998, p. 12)

2. Tipo balde abierto: En el sentido mecánico no hay mucho que pueda fallar, resiste golpes de ariete y corrosión. Este tipo de trampa se debe adaptar a un grifo, son grandes y pesadas.

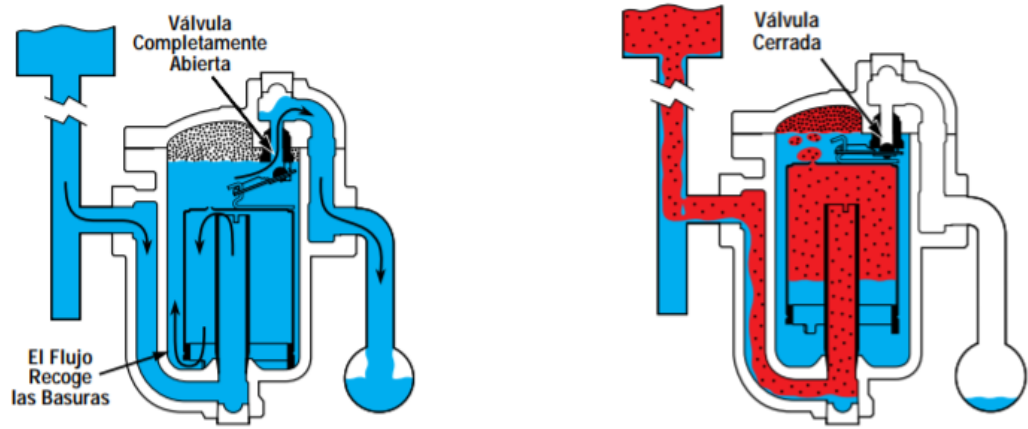


Figura 3.4. Funcionamiento de la trampa de Balde Invertido

Fuente: (Armstrong, 1998, p. 10)

### 3. Tipo balde invertido

De acuerdo con Armstrong (1998) define a las trampas mecánicas de tipo balde invertido como:

“Es una trampa mecánica que opera basada en la diferencia de densidades entre el vapor y el agua, su funcionamiento es que el condensado que entra a la trampa hace al balde más pesado, por lo que se hunde y así se abre la válvula de descarga para dejar salir al condensado. Tiene un venteo continuo el aire y el dióxido de carbono, a la temperatura del vapor. Este tipo de trampas se usan en equipos como serpentines, cabezales de vapor.”  
(p. 10)

## Termodinámica

Las trampas termodinámicas no se dañan por golpes de ariete, ni vibraciones bajas, tiene gran capacidad de manipuleo de condensado y es resistente a condensados corrosivos.

## Pump trap

Las pump Trap por su nombre en inglés es una solución eléctrica para mover condensado de un punto a otro. De acuerdo con Armstrong (1998) estos equipos pueden mover líquidos desde puntos bajos, de bajas presiones a espacios de vacío a un área de mayor elevación o presión. El condensado que puede devolver está por encima de límites de temperatura altos, de acuerdo con el modelo y tipo, de este modo se evitan los problemas de sellos con fugas o problemas de cavitación.



*Figura 3.5. Pump Trap Armstrong*

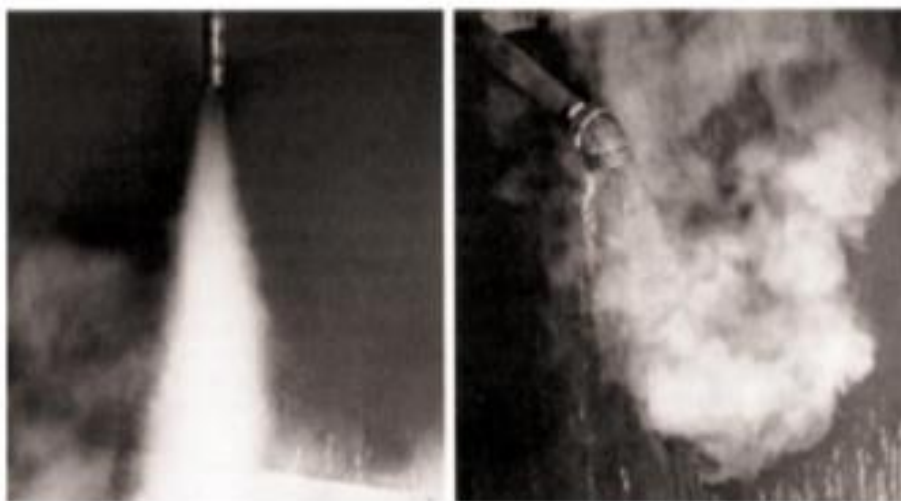
Fuente: Tomado de <https://www.armstronginternational.com/>

### **3.1.7. Métodos de Inspección de Trampas de Vapor**

De acuerdo con J.L, Peña e Hidalgo (2015), en la mayoría de las industrias la energía consumida se emplea para generar vapor, pero buena parte del vapor producido se pierde a través de fugas del sistema de distribución de vapor, incluyendo tuberías, válvulas y trampas de vapor (p. 2). Las trampas de vapor su sistema mecánico falla cuando se encuentran abiertas provocando pérdidas de vapor considerables, por ende, el condensado no retorna y genera pérdidas económicas directamente proporcionales a los costos de generación de vapor e indirectos a la reducción de la capacidad calorífica. Si las trampas de vapor fallan cerradas generan una disminución significativa de la capacidad de calentamiento o daño de los equipos de vapor.

El mal funcionamiento de las trampas de vapor puede causar pérdidas económicas, pérdidas de generación del vapor y de los componentes del sistema, por ende, se deben realizar inspecciones a estos equipos para determinar su funcionamiento. J.L, Peña e Hidalgo (2015) hablan acerca 4 métodos para inspeccionar las trampas de vapor:

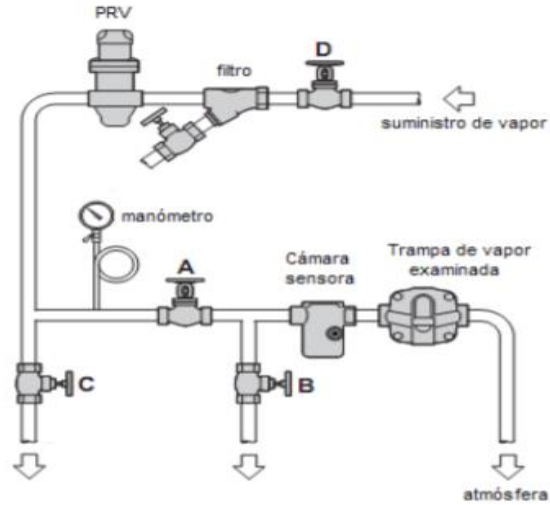
1. Método Visual: Este método se fundamenta en la observación de la descarga de las trampas de vapor en la atmósfera, el supervisor a cargo debe determinar entre vapor *flash* o vapor vivo. La diferencia entre vapor *flash* y vapor vivo se puede observar en la Figura 3.6.



*Figura 3.6.* Vapor vivo (izquierda) y revaporizado (derecha)

Fuente: (J.L., Peña, e Hidalgo, 2015, p. 3)

2. Método electrónico: Mediante la utilización de sensores electrónicos que miden la conductividad del condensado, por medio de una cámara que se instala antes de la trampa, se detecta la presencia de condensado y un indicador portátil dirá si su funcionamiento es correcto, si la trampa falla en la posición abierta, un volumen relativamente grande de vapor fluye hacia ella y se indica el fallo. En la actualidad los métodos de inspección electrónicos se basan en la detección temprana de fallas por medio de métodos de ultrasonido, temperatura y demás variables como parte de un mantenimiento predictivo.



*Figura 3.7.* Instalación de una cámara sensorial para revisión electrónica

Fuente: (J.L., Peña, e Hidalgo, 2015, p. 3)

3. Método acústico: Dentro de las trampas de vapor, el flujo de vapor y el condensado generan una serie de ruidos que no son detectables para el oído humano. No obstante, por medio de instrumentos como estetoscopios que interpretan las ondas metálicas de la superficie de la trampa a unos auriculares. El inconveniente con este método es que requiere de experiencia para el uso de los equipos, ya que las tuberías transmiten sonidos que pueden causar errores de registros. En la actualidad existen equipos más modernos para la determinación de vibraciones en las trampas de vapor por medio de cámaras.



*Figura 3.8.* Estetoscopio para revisión de trampas de vapor

Fuente: (J.L., Peña, e Hidalgo, 2015, p. 4)



4. Método de Termográfica: Este método es para monitorear las trampas por medio de una cámara de energía infrarroja y detectar condiciones de operación irregulares, trampas cerradas, abiertas y el tipo de funcionamiento de las trampas como tal. Este método se fundamenta en que los objetos se deben encontrar a diferentes temperaturas; con el inconveniente de que no se podría diferenciar el vapor saturado y condensado si tienen la misma temperatura y, por tanto, no se detectarán si la operación de la trampa es adecuada o no. El inconveniente de este método es cuando el vapor saturado y condensado tienen la misma temperatura, es difícil diferenciar cuando la operación de la trampa es adecuada o no.



*Figura 3.9. Cámara termográfica FLIR B40*

Fuente: Tomado de <https://toolboom.com/es/thermal-imaging-camera-flir-b50/>

### **3.1.8. Eficiencia de la Caldera**

La eficiencia de una caldera se define como la razón entre el calor absorbido por el agua de alimentación al convertirse en vapor en la caldera y la energía total disponible del combustible suministrado (Garro, s.f.). La eficiencia de una caldera se encuentra por debajo del 100%, sin embargo, las pérdidas de calor se pueden reducir con la realización de actividades adecuadas, que tengan relación a la operación y mantenimiento del sistema.

## **Pérdidas de eficiencia de una caldera**

Como afirma Garro (s.f.) dentro de las pérdidas de eficiencia de una caldera se encuentran las siguientes:

1. El calor arrastrado en la chimenea por los gases calientes, sin considerar la humedad, también conocido como gases secos de chimenea.
2. El calor latente del vapor de agua (humedad) presente en los gases calientes de chimenea, el cual resulta de la combustión del hidrógeno que contiene el combustible y de la humedad presente en el combustible y el aire alimentados.
3. Combustible no quemado, producto de combustión incompleta. Figuran los combustibles sólidos en los desechos, y todos los materiales combustibles, sólidos y gaseosos, que son arrastrados por los gases de la chimenea. Esta pérdida se conoce como "la pérdida de combustible" o "la pérdida de combustible no quemado".
4. El calor perdido por la caldera a través de su aislamiento. Esta pérdida se denomina generalmente "pérdida por radiación", pero comprende no solamente el calor irradiado a la sala de calderas, sino también el calor perdido por convección hacia el aire ambiente que está en contacto con la superficie de la caldera.
5. El calor que transporta la purga de la caldera.

La mejor eficiencia de una caldera resulta cuando se reducen las pérdidas de energía térmica en los gases de chimenea y en el agua expelida. El término "eficiencia de la combustión" se usa usualmente como sinónimo de eficiencia de la caldera, aunque la definición no sea la misma (Garro, s.f.). La eficiencia de combustión se expresa como 100% menos la suma de la pérdida por gases secos de chimenea y las pérdidas por humedad en dichos gases. Este punto de vista no toma en cuenta las pérdidas de combustible, pérdidas de transmisión.

## Parámetros que afectan la eficiencia de una caldera

Existen una serie de parámetros que pueden causar que la eficiencia de una caldera disminuya y afecte su operación habitual. A continuación, se mencionan los principales parámetros.

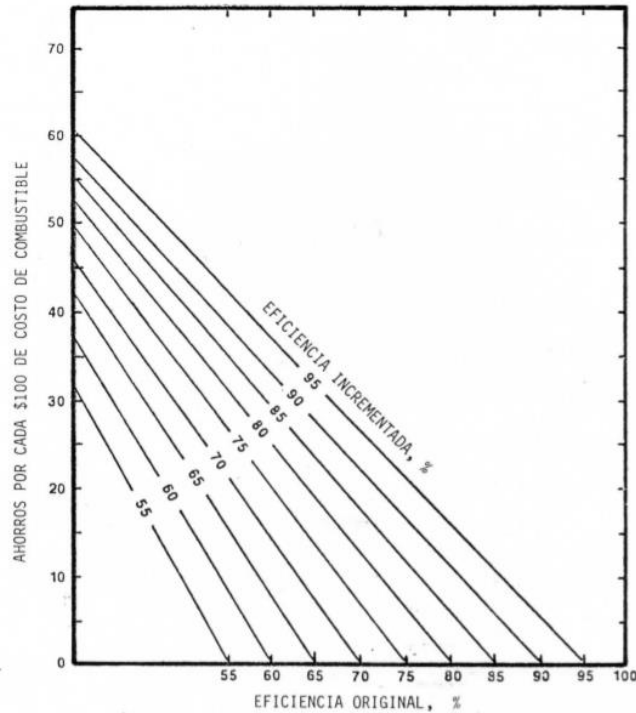
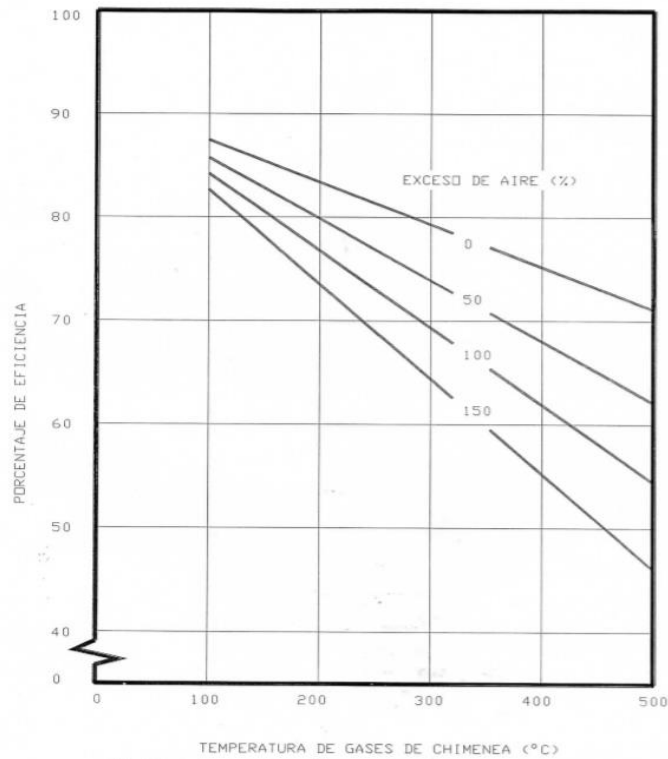


Figura 3.10. Ahorro por incremento de la eficiencia de combustión

Fuente: Garro Zavaleta, (s.f). CALDERA

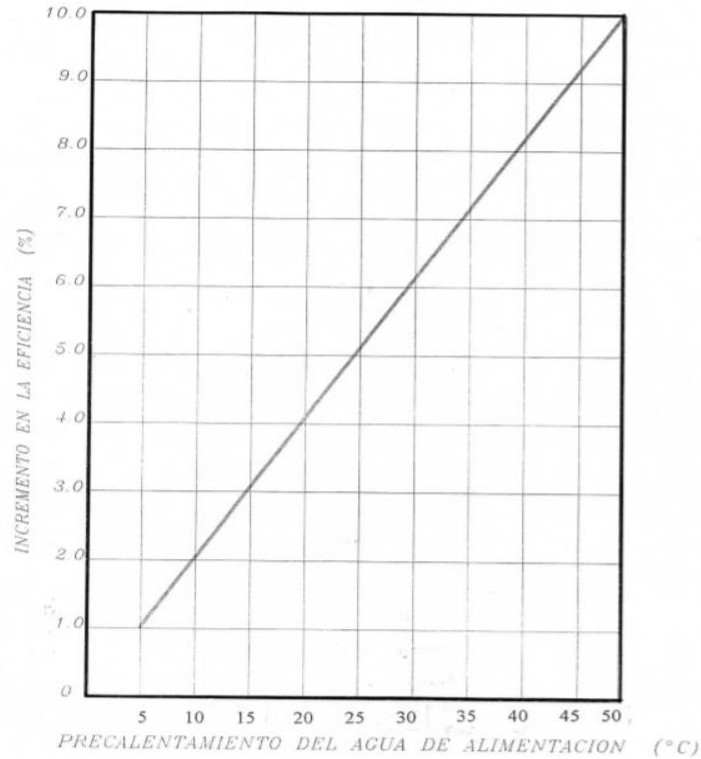
1. Nivel de aire: Como se mencionó anteriormente si se tiene poco aire en el proceso de combustión se generan gases no deseados, si se tiene un exceso de aire se disminuye la eficiencia porque el combustible se usa para calentar el aire de exceso y se pierde para la generación de fuego.
2. Régimen de fuego: Para el uso eficiente del combustible se recomienda usar intervalos de cargas entre 50% y 80% de capacidad durante el mayor tiempo posible.
3. Temperatura de los gases de chimenea: Según la figura 3.11 entre mayor sea la temperatura de los gases de chimenea por exceso de aire, la eficiencia de la caldera disminuye. Las dos causas básicas de la alta temperatura de los gases de combustión es la insuficiente superficie para la transmisión de calor y/o suciedad de estas superficies.



*Figura 3.11.* Variación en la eficiencia de combustión con la temperatura de chimenea para diferentes niveles de exceso de aire

Fuente: Garro Zavaleta, (s.f). CALDERAS

4. Temperatura del agua de alimentación: La eficiencia de la caldera es directamente proporcional a la temperatura del agua de alimentación, según la Figura 3.12 podemos ver que un aumento de 6 °C temperatura del agua de alimentación genera un aumento de 1% de rendimiento.



*Figura 3.12.* Incremento en la eficiencia por precalentamiento del agua de alimentación

Fuente: Garro Zavaleta, A., (s.f). CALDERAS

5. Temperatura del aire de combustión: El aumento de la temperatura del aire de alimentación al combustible es directamente proporcional a la eficiencia de la caldera.
6. Suciedad en superficies de transmisión de calor: La suciedad y depósitos en las superficies exteriores de los tubos de la caldera inhiben la transmisión de combustión al agua de la caldera y, por lo tanto, llevan a menores eficiencias, además la suciedad de los tubos del lado del gas se traducirá en un aumento de las temperaturas de los gases de combustión.
7. Purga: Este proceso de eliminación de desperdicios de agua caliente afectan la calidad del vapor y producen incrustaciones, en algunas situaciones pueden producir entre un 5% a 10% de pérdida del total de vapor de la caldera.
8. Presión de vapor: Reducir la presión de vapor no es un método que genera un aumento de la eficiencia, pero si genera un ahorro entre un 1% a 2% del costo del combustible.

9. Pérdidas de calor en el exterior de la caldera: las pérdidas por transferencia de calor por radiación y convección son muy difíciles de reducir por el diseño de la caldera y no provechoso desde el punto de vista económico.
10. Combustible: Los cambios de combustible pueden afectar considerablemente el costo total de la generación de vapor.

### **3.1.9. Métodos de Estimación de Demanda de Vapor**

En el inicio de una instalación de un sistema de vapor no es posible medir el flujo de vapor diario, el flujo de vapor solo se puede medir en una instalación existente. Para dimensionar todo el sistema de suministro, distribución y demanda se realiza una serie de cálculos ingenieriles durante la etapa de diseño de una red de vapor. El caso del HSJD es sobre una instalación existente, en el cual se tiene que estimar la demanda de vapor, dado que no se tiene registro alguno.

De acuerdo con Spirax Sarco (s.f.), propone 3 modos para el cálculo o estimación del consumo de vapor, las cuales son:

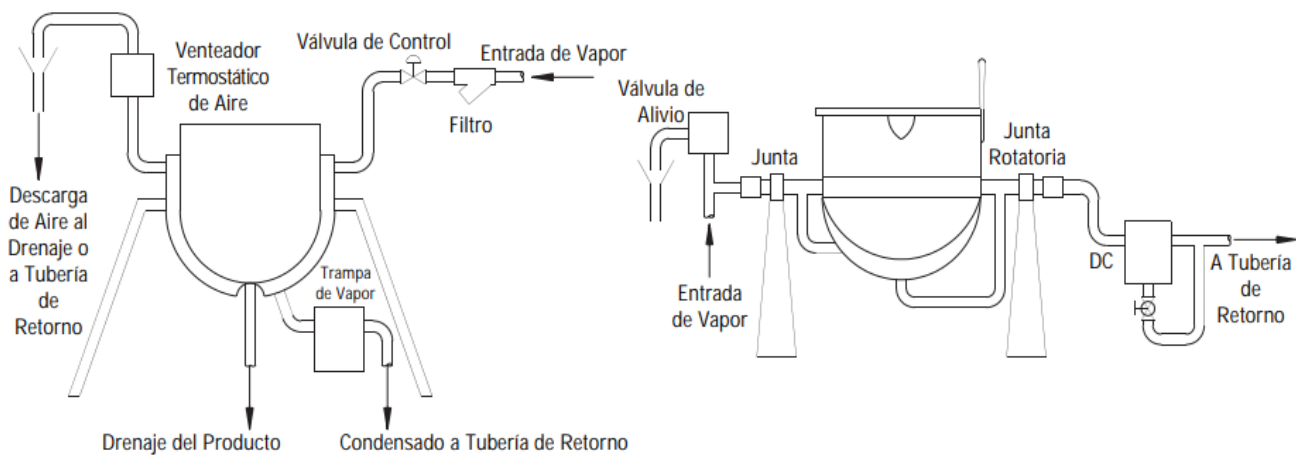
1. Medición del consumo de vapor: Como se mencionó anteriormente, se puede medir el consumo de vapor de una instalación existente, por medio de instrumentos como los flujómetros pero estos requieren de la apertura de las redes de distribución y tienen altos costos económicos. Existen marcas reconocidas como Spirax Sarco que venden este tipo de medidores y tienen una serie de beneficios como la determinación de eficiencia de la planta, eficiencia de energía, control de proceso y costeo del vapor.
2. Información del fabricante: Las fichas técnicas contienen toda la información de los equipos de vapor. De acuerdo con Spirax Sarco (s.f.) estos valores normalmente están dados a temperaturas y presiones específicas, por ende no debe asumirse que los datos del fabricante equivale al caudal real.
3. Cálculo del consumo de vapor: El último método es por medio del cálculo manual de cada uno de los equipos de demanda del sistema. Muchas de las marcas de equipos de vapor para sus equipos proponen métodos de cálculo para sus equipos como es el caso de Armstrong o Spirax Sarco.

### 3.1.10. Equipos de Consumo de Vapor de un hospital

Dentro de los equipos que abastecen la demanda de vapor de un hospital existen diversas unidades para diferentes funciones y aplicaciones, las mencionadas a continuación son las unidades que consumen el vapor dentro del complejo hospitalario.

#### 1. Marmitas

De acuerdo con Armstrong (1998), una marmita es una olla con camisas de vapor, para el cocido o concentrados con camisas o chaquetas de vapor alrededor de ellas (p.32). Su función es muy variada desde empacadoras de carne, fábricas de papel, azúcar, máquinas de derretido, preparación de alimentos etc. Existen dos tipos de ollas con camisas de vapor, como lo son con drenado fijo por gravedad y con drenaje fijo por sifón. El siguiente aspecto son los problemas de las marmitas, como el aire encerrado dentro, el cual tiene un efecto negativo por temperatura, además de la que se tiene que remover el condensado en su totalidad y de forma uniforme. Todavía cabe señalar que un punto crítico es su temperatura de cocido que se debe mantener uniforme sin variaciones.



*Figura 3.13.* Al lado izquierdo marmita con drenaje fijo por gravedad y al lado derecho marmita con drenaje inclinado por sifón

Fuente: (Armstrong, 1998, p. 32)

## 2. Autoclaves

De acuerdo a lo que se dice Tuttnauer (2016) un autoclave es una máquina que utiliza la combinación de alta presión y vapor con el fin de transferir el calor a los artículos colocados dentro de él. Su aplicación se da en áreas como hospitales, laboratorios, consultorios médicos que usan estos equipos para esterilización de equipos sólidos, suministros, líquidos y desechos.

Su funcionamiento se divide en etapas. La primera etapa es de calentamiento del agua a temperatura de ebullición, se genera vapor y el aire se retira de la cámara, hasta que queda al vacío. Posteriormente, en la segunda etapa se aumenta temperatura y presión hasta lo requerido para esterilización según los requerimientos. La tercer etapa es el tiempo de esterilización, donde se eliminan los microorganismos. La cuarta etapa es la reducción de presión, se abren las válvulas y se deja salir el vapor. Finalmente se enfría la cámara y se retira el contenido.

## 3. Tanques de Agua Caliente

Un tanque de agua caliente es un cilindro cerrado que calienta un fluido a una temperatura dada. Su fuente de energía para el calentamiento de los fluidos puede variar como lo es el eléctrico, vapor o algún tipo de fuente de combustión. De acuerdo con Hubbell Electric Heater Company (s.f.) un tanque de agua por vapor funciona por medio de una válvula de control que mantiene la temperatura exacta del agua, regulando el vapor a través de un serpentín de calentamiento.

## 4. Lavadoras

Las lavadoras que funcionan por medio de vapor basan su funcionamiento de acuerdo a acción mecánica, sustancias químicas, tiempo de lavado y temperatura. De acuerdo con Centrax (s.f.) estos cuatro pilares funcionan de la siguiente manera:

“La acción mecánica hace que los químicos agregados se distribuyan por el cuerpo de la lavadora, los químicos tienen un contenido específico para agregar, el tiempo de lavado es una acción meramente programable, finalmente la temperatura es un parámetro que no se ajusta tan fácilmente y depende de la cantidad de químico disuelta”



## 5. Secadoras

Al igual que el proceso de lavado, los fundamentos del secado textil no cambian, el cual consiste en 4 componentes principales, acción mecánica, flujo de aire, tiempo y temperatura. De acuerdo con Centrax (s.f.) estos cuatro pilares funcionan de la siguiente manera:

“La temperatura es la fuente de generación del dispositivo, este calor depende del tipo de combustible que se use, el flujo de aire es que permite las condiciones naturales de secado, la acción mecánica es la que permite que los artículos puedan liberar suciedad para que estos sean suspendidos y eliminen los surfactante que se utilizan. Finalmente el tiempo es el componente de costo y productividad.”

## 6. Planchadoras

Una planchadora industrial según Chicago Dryer Company (s.f.) tiene tres funciones en un proceso continuo: secado (eliminación de humedad), planchado (eliminación de arrugas) y acabado (acabado de brillo fino). La planchadora como tal utiliza la humedad que queda en las planchas extraídas para eliminar arrugas y crear el aspecto de acabado de ropa.

## **3.2. MARCO CONCEPTUAL – MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA**

### **3.2.1. Norma INTE/ISO 50001:2018**

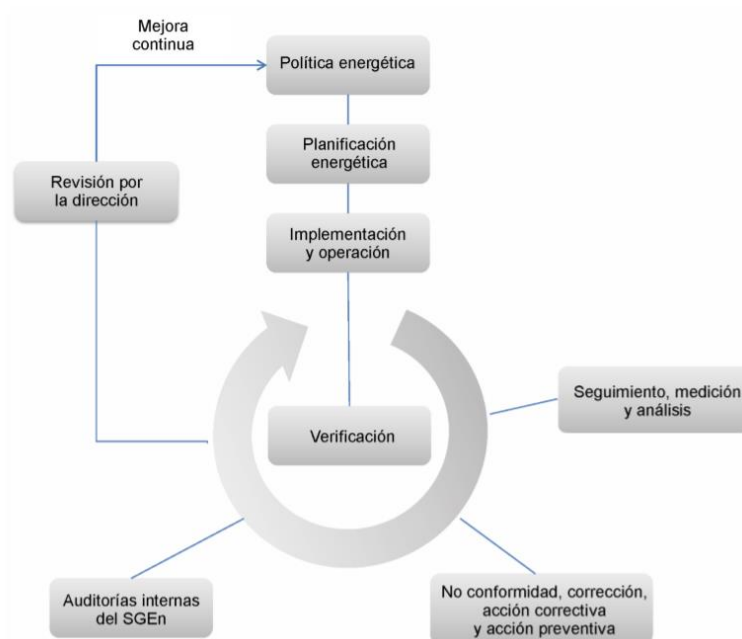
Esta norma pretende desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía

De acuerdo con Norma INTE/ISO 50001 (2018) menciona que está enfocada en:

“Conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costos de la energía a través de una gestión sistemática de la energía, además que esta norma es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales.” (p. 3)

Hay que mencionar, además que este documento se basa en el contexto de la gestión de la energía, donde su enfoque se basa en el ciclo PHVA o Deming que puede resumirse en:

1. Planificar: llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización;
2. Hacer: implementar los planes de acción de gestión de la energía;
3. Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación con las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados;
4. Actuar: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGE.



*Figura 3.14.* Modelo de sistema de gestión de la energía para la Norma 50 001

Fuente: INTE/ISO Norma 50 001:2018

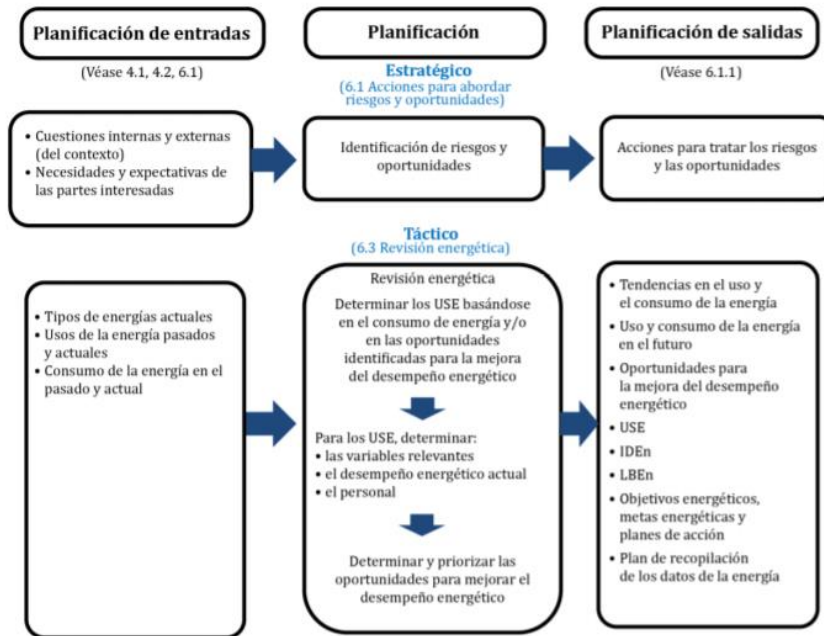


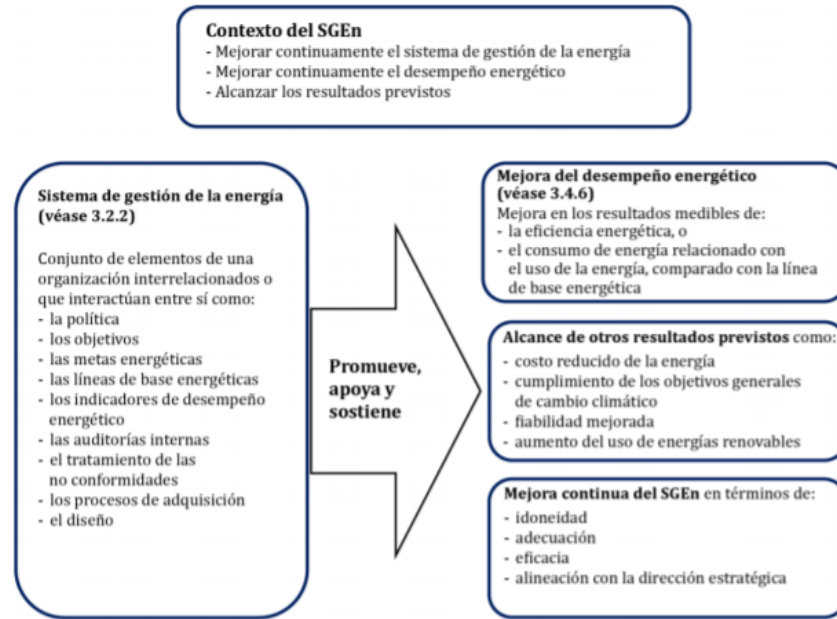
Figura 3.15. Proceso de Planificación

Fuente: INTE/ISO Norma 50 001:2018

En la Figura 3.15 se muestra el proceso de planificación estratégico y táctico para el desarrollo de la norma, donde se observa las entradas y salidas respectivas que se obtienen de esta etapa, para su posterior implementación con base en los objetivos y metas energéticas. De acuerdo con la Norma INTE/ISO 50001 (2018) este documento se puede aplicar en:

“Cualquier organización independientemente del tipo de energía que utiliza y contribuye a un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, a mejorar la competitividad de la empresa y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales relacionados”. (p.3)

Uno de los términos más importantes dentro de la norma y de un sistema de gestión de la energía es el desempeño energético que engloba los resultados medibles relacionados con el uso de la energía, consumo de la energía y con la eficiencia energética.



*Figura 3.16. Relación entre el desempeño energético y el SGE*

Fuente: INTE/ISO Norma 50 001:2018

Un sistema de gestión de la energía es importante porque no solo da un desempeño energético enfocado en la mejora de uso, consumo y eficiencia, sino que también va de la mano con lograr los alcances a nivel climático, fiabilidad y aumento de las energías renovables. Todo esto confirma que por medio de la mejora continua se genera una idoneidad, adecuación, eficacia y alineación con la dirección estratégica.

### 3.2.2. Indicadores Energéticos

Un indicador energético es un valor estadístico relacionado con indicios de energía. Estos indicadores son calculados a nivel de uso final o subsector, o incluso al nivel más detallado de consumo por unidad de energía. (Agencia Internacional de Energía, 2016, pág. 17)



Figura 3.17. Representación esquemática de la pirámide de indicadores energéticos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE)

Fuente: Agencia Internacional de la Energía (AIE). (Norma INTE/ISO 50 006, 2014)

Un indicador de eficiencia energética a nivel general se puede calcular como el consumo energético entre los datos de las actividades que se desarrolla en los procesos productivos. En la Figura 3.17 se observa la pirámide de indicadores la cual hace referencia al método de aproximación de la Agencia Internacional de la Energía (AIE).

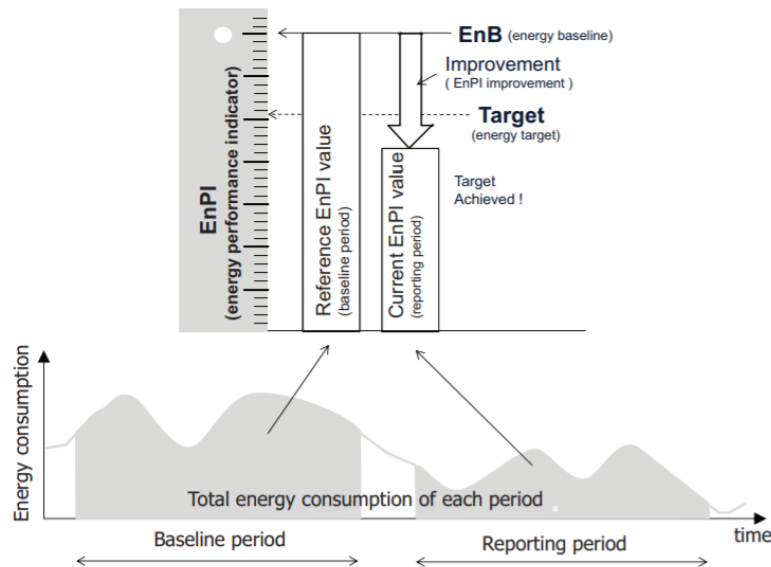


Figura 3.18. Concepto de período de referencia y período de presentación de informes para un Indicador de Energía

Fuente: Norma INTE/ISO 50 006:2014

La Norma INTE/ISO 50 006 (2014) define línea base como una referencia que caracteriza y cuantifica el desempeño energético de una organización durante un período de tiempo especificado. Así mismo el indicador energético como un valor o medida que cuantifica los resultados relacionados con la eficiencia, el uso y el consumo de energía en instalaciones, sistemas, procesos y equipos.

En la Figura 3.18, se observa una línea base para un indicador energético sin aplicarle un sistema mejoras de ahorro y otra donde se observa una disminución al aplicarle mejoras de ahorro en la escala del indicador. Todo indicador energético necesita una única línea base para que pueda ser cuantificable.

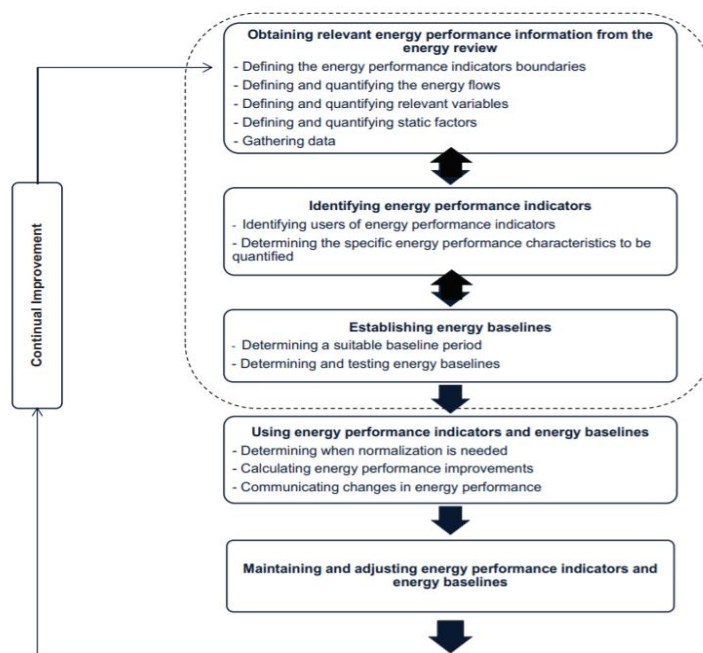


Figura 3.19. Resumen de la medición del rendimiento energético

Fuente: Norma INTE/ISO 50 006:2014

En la Figura 3.19 se muestra un resumen de la medición del rendimiento energético por medio de un diagrama de retroalimentación, donde el primer paso es obtener información relevante sobre el rendimiento energético por medio de una auditoría, establecer indicadores y, cuantificar la energía. Las variables relevantes son las que afectan de manera importante el consumo de energía. Posteriormente se identifican los indicadores energéticos significativos que aporten información veraz del consumo de energía.

Usando los indicadores y las líneas bases se determina las oportunidades de mejora e indicadores de energía. Finalmente, se realiza mantenimiento y ajustes a los indicadores y líneas bases, considerando este proceso iterativo en busca de una mejora continua del desempeño energético.

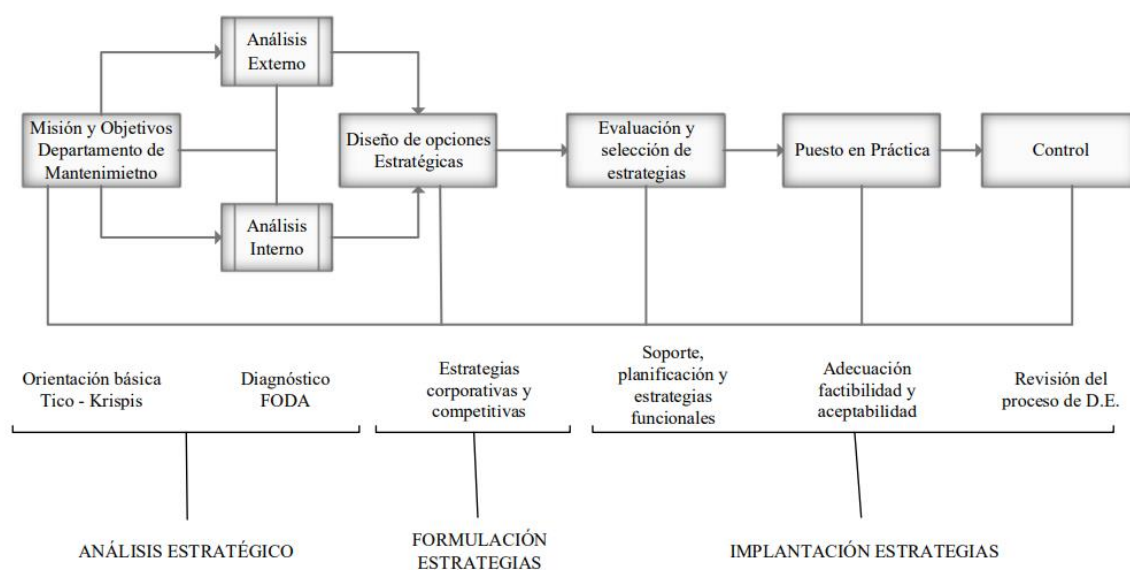
### **3.2.3. Cuadro de Mando Integral**

El Cuadro de Mando Integral (CMI) es una propuesta de modelo de gestión que se enfoca en desarrollar estrategia de los objetivos, que se relacionen entre sí, por medio de indicadores y ligados a planes de acción que permiten ordenar el proceso de administración de la organización con base en un apolítica o estrategia institucional. De acuerdo con Kaplan y Norton (2007), el CMI complementa las medidas financieras tradicionales con criterios que miden el desempeño desde tres perspectivas adicionales: las de los clientes, los procesos comerciales internos y el aprendizaje y el crecimiento. Además, de acuerdo con Kaplan y Norton (2007) definen a cada una de las perspectivas de la siguiente manera:

1. **Perspectiva Financiera:** Articula la visión compartida de la compañía, definiendo en términos claros y operativos los resultados que la compañía, como equipo, está tratando de lograr. Comunica un modelo holístico que vincula los esfuerzos y logros individuales con los objetivos de la unidad de negocios, además de los rendimientos sobre el capital invertido.
2. **Perspectiva Cliente:** Se enfoca en el producto o servicio brindado, es la perspectiva más clara y frecuente de las empresas. Se enfoca en identificar las oportunidades de competencia y evaluación de la tendencia de los clientes, así como el cumplimiento de la misión y visión de la empresa.
3. **Perspectiva Interna o procesos de negocio:** Se enfoca en la calidad de los procesos de la empresa, así como la competencia operativa, que tiene el fin de brindar un producto que cumpla con todos requerimientos operativos, de calidad y seguridad. Se identifican los objetivos, metas e indicadores de la empresa para la satisfacción del cliente.
4. **Perspectiva de aprendizaje y crecimiento:** Esta perspectiva se enfoca en la capacidad de los empleados, su nivel de preparación para el desarrollo de las labores, motivación, desarrollo de planes de acción.

De acuerdo con Fernández Arias, Marín Hernández, y Loaiza Pereira, (2020) la metodología para el desarrollo de un CMI se desarrolla por medio de las siguientes fases:

1. Análisis estratégicos: Para esta primera área se va a determinar el conjunto de amenazas, oportunidades del entorno, así como las fortalezas y debilidades, todo esto obtenido de la evaluación, para de este modo desarrollar un diagnóstico de la situación de la empresa.
2. Formulación de estrategias: Una vez desarrollado el análisis estratégico en esta área, se identifican las alternativas que se tienen para conseguir la misión, objetivos y metas que ha determinado el DIM.
3. Implantación de estrategias: Para la última área de desarrollo del CMI se pone en marcha la estrategia, basado en la estructura organizativa y cultura empresarial, que por medio de planes de acción y control de estos mismo y verificando los resultados obtenidos.



*Figura 3.20.* Pasos para el desarrollo del CMI

Fuente: (Fernández Arias , Marín Hernández, y Loaiza Pereira, 2020)



### 3.2.5. Criterios de Evaluación de Proyectos.

Los proyectos de inversión se han convertido en una herramienta esencial para las empresas, específicamente los departamentos financieros y contables, los cuales intervienen en las etapas de implementación de iniciativas de inversión. Sapag Chain y Sapag Chain (2008) afirman que la evaluación de proyectos se entiende como un instrumento que provee información a quien debe tomar decisiones de inversión (p. 5). El objetivo de un estudio va conforme con lo que se quiera medir o evaluar y, dentro de los tipos de proyectos que existen, el presente documento habla de estudios para medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto.

El proceso de preparación y evaluación de un proyecto es cíclico donde se tiene una idea, una preinversión, una inversión y una operación. Según Sapag Chain y Sapag Chain (2008), para establecer la idea de viabilidad de un proyecto de inversión hay que realizar un estudio comercial, técnico, organizacional, legal, ambiental, financiero, etc. El estudio técnico ahonda si se dispone de la tecnología recursos y condiciones; el ambiental sobre el impacto positivo o negativo que genera y a nivel financiero se resume el acceso a recursos, inversión inicial, costos de producción y operación, capital de trabajo, costo de capital, flujos de efectivo del proyecto, rentabilidad del proyecto y los posibles escenarios.

Para evaluar la rentabilidad del proyecto de inversión se tienen criterios de evaluación para describirlo y determinar si se acepta o se rechaza. Los fundamentos matemáticos financieros según Sapag Chain y Sapag Chain (2008) son los siguientes:

1. Valor Actual Neto (VAN): Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos los ingresos y egresos expresados en moneda actual.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_o$$

*Ecuación 3.1. Cálculo del Valor Actual Neto*

Fuente: (Sapag Chain y Sapag Chain, 2008)

Donde:

$BN_t$  = Beneficio neto del flujo en el periodo t

i = Tasa de descuento

$I_o$  = Inversión inicial

2. Tasa Interna de Retorno (TIR): Este criterio evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por período, con lo cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. Como se aprecia en la Ecuación 3.2 este criterio es equivalente a hacer el VAN igual a cero y determinar la tasa que le permite al flujo actualizado ser cero.

$$\mathbf{TIR} = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_o$$

*Ecuación 3.2. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno*

Fuente: (Sapag Chain y Sapag Chain, 2008)

Donde

$BN_t$  = Beneficio neto del flujo en el periodo t

r = Tasa de interna de retorno.

$I_o$  = Inversión inicial

3. Período de Recuperación (PR): Este criterio determina el número de períodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de períodos aceptables por la empresa. Si los flujos fuesen idénticos y constantes en cada período, el cálculo se simplifica a la siguiente expresión:

$$\mathbf{PR} = \frac{I_o}{BN}$$

*Ecuación 3.2. Cálculo del Periodo de Recuperación*

Fuente: (Sapag Chain y Sapag Chain, 2008)

Donde

BN = Beneficios netos generados por el proyecto en cada periodo

$I_o$  = Inversión inicial

## **4. CAPÍTULO IV ANÁLISIS DEL SISTEMA DE VAPOR**

---

### **4.1. CONDICIÓN DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO**

#### **4.1.1. Departamento de Ingeniería y Mantenimiento**

El DIM del HSJD es el ente encargado de establecer todas las pautas institucionales en relación con la gestión de mantenimiento. La institución trabaja hacia la protección y correcto uso de las inversiones, ya sea en recurso físico, disponibilidad, confiabilidad y seguridad. Así mismo bajo un costo razonable que contribuya a la sostenibilidad financiera de la institución y que le permita la prestación continua de los servicios de salud a la población.

El DIM es el encargado de velar por los recursos humanos, materiales, técnicos y presupuestarios que están destinados al mantenimiento del recurso físico y maximizarlos para garantizar el cumplimiento de la Política Institucional de Mantenimiento. Por tanto, en términos generales se encarga de la infraestructura, equipos (médico, industrial, de oficina y automotriz), mobiliaria, instalaciones electromecánicas e informáticas, buscando velar por sus óptimas condiciones operativas y de este modo encontrar maximizar energéticamente el accionar de los equipos.

#### **4.1.2. Planta de Calderas**

La planta de calderas como se puede observar en la Figura 1.3 es un subdepartamento del DIM, el cual es el responsable de velar por el correcto funcionamiento del sistema de vapor y el mantenimiento a las unidades que forman parte de este en todo el complejo hospitalario. El encargado principal de este subdepartamento es el coordinador de calderas que tiene una función administrativa. Después se encuentran los supervisores (operarios) que mantienen los parámetros operativos de las calderas estables y velan por su correcta operación. Finalmente se encuentran los técnicos que se ocupan del funcionamiento y acciones de mantenimiento del sistema de vapor en general. Como se ha dicho anteriormente las correctas operaciones del sistema están ligadas a una buena gestión de mantenimiento.

De los hallazgos encontrados en el DIM, específicamente en el departamento de calderas están:

1. Cuenta con un reglamento del Sistema de Gestión de Mantenimiento Institucional con su última actualización en septiembre del 2012, donde se encuentra la descripción de la instrumentación utilizada para normar las interrelaciones, componentes de su gestión y condiciones esenciales de su gestión.
2. Para el desarrollo de su gestión de mantenimiento específicamente con el sistema de vapor, cuentan con un Coordinador de Planta de Calderas, un Supervisor de Planta de Calderas, 6 de técnicos y 3 operadores para su funcionamiento. Carecen de personal para el control de órdenes de trabajo y para cubrir con todas las solicitudes del Sistema de Operación, Control y Mantenimiento (SOCO), por lo cual las órdenes de trabajo pendientes se atrasan a los siguientes meses.
3. No cuenta con un sistema de bases de datos para el control de registros – información técnica, instalación, ciclo de vida ni rotulación, capacidad, cantidad etc – de los equipos que forman parte del sistema de vapor como, trampas de vapor, equipos para suministro de vapor.
4. Desde la instalación de la red de vapor en el año 2016, no se ha realizado ninguna auditoría de mantenimiento a nivel administrativo como de energía para conocer las condiciones de desempeño de la gestión actual que puedan dar a conocer el proceso de operación en el tiempo.
5. El DIM cuenta con los registros de consumos de agua, eléctricos, combustibles y mantenimiento del sistema, pero la metodología de control contable con departamento de calderas no tiene un equilibrio de registros, además que no cuentan con indicadores para medir la eficiencia operacional y de mantenimiento.
6. Dentro del departamento de calderas no se han realizado estudios (auditorías, mediciones) para conocer las nuevas oportunidades de ahorro energético del sistema, reducción de costos operacionales, mantenimiento, así como el impacto ambiental que puede tener una gestión de energía para la red de vapor.

7. El departamento de calderas lleva control de los costos de stock de repuestos y mantenimiento al sistema, el cual es un mantenimiento correctivo en su mayoría para disponibilidad de equipos y preventivo para operabilidad de calderas. Invierte de acuerdo con disponibilidad y no existe un mantenimiento predictivo.

Es de suma importancia que tanto los altos jerarcas del departamento, así como los encargados del sistema de vapor comprendan que con una gestión sistemática basada en una norma internacional como la 50001 traería una serie de beneficios para la institución en general, al maximizar y optimizar los recursos y operaciones de la red de vapor por medio una gestión de la energía que va de la mano con una correcta aplicación de la política energética. El cumplimiento de los objetivos se puede cuantificar con indicadores y líneas base de energía para que paulatinamente en un marco de tiempo estipulado se observe su mejora continua.

## **4.2. CONTEXTO ACTUAL**

Para el análisis de las condiciones operacionales en las que se encuentran el sistema de vapor se realizó una visita y por medio de inspección visual se analizó el estado de los equipos, además de un inventario de las unidades. Durante la visita realizada se observó el estado actual de los equipos, al ser un sistema relativamente nuevo, la mayoría de los equipos se encuentran en un estado correcto.

### **4.2.1. Calderas y red de distribución.**

En la Figura 4.1 se puede observar una de las 4 calderas para la producción de vapor del HSJD. Esta caldera se encuentra en correctas condiciones operativas, operada por un supervisor en turno y monitoreada por el coordinador de planta mediante paneles automáticos. Un problema observado es la falta de etiquetado en el sistema y control de los equipos a los que se les desarrolla mantenimiento. Las 4 calderas cuentan con los sistemas de alimentación de agua, control eléctrico y de válvulas según lo exige el reglamento de calderas para calderas tipo B. Por otra parte mantienen una eficiencia promedio de 85%, una presión de trabajo de 100 psi y una eficiencia de combustión mayor al 90%.



*Figura 4.1. Caldera de 300 HP*

Fuente: Propia

En la red de distribución se observó que cada una de las tuberías tienen su aislante en condiciones ideales, además de secciones de trapeo para cada uno de los equipos de demanda, con excepción de la sala de operaciones. En la Figura 4.2 se observa la red de trapeo del área de nutrición, donde se tiene una estructura de malla metálica para la protección de suministro y retorno. Cabe mencionar que no se cuenta con etiquetado en la sección de trapeo.



*Figura 4.2. Red de Trampeo Marmitas*

Fuente: Propia

El sistema de distribución cuenta con manifold para agrupar las válvulas y para facilitar el suministro de energía, simplificar el diseño y de este modo reducir costes operativos y de mantenimiento. En la Figura 4.3 se observa el manifold con entrada de 4 pulgadas de tubería y salida de 2 pulgadas, ubicado entre las secciones de nutrición y sala de operaciones, para distribución hacia autoclaves.



*Figura 4.3.* Manifold para diferentes unidades del hospital

Fuente: Propia

El sistema cuenta con un total de 36 motores eléctricos, según la inspección visual los motores no tienen etiquetas o codificación para facilitar su control, monitoreo y mantenimiento. Dentro de la estación de búnker se encontraba un motor fuera de uso, el cual estaba en revisión y no se tenían registros de fallas de la unidad, por lo que su mantenimiento se dificulta.



*Figura 4.4.* Motores eléctricos y bombas de la estación de búnker

Fuente: Propia

Las tuberías de distribución y retorno de vapor se encuentran en óptimas condiciones, con su respectivo aislante y estructuras de acero de empotramiento o sujeción, además de su respectiva rotulación, que indica el suministro y retorno. En ciertas secciones se presentaba oxidación en válvulas y uniones de las tuberías.



*Figura 4.5.* Tuberías de distribución para unidades de Nutrición

Fuente: Propia

Dentro de la inspección desarrollada, se observó que cada sistema de demanda de vapor cuenta con una estación de regulación, la cual tienen una serie de filtros, válvulas reductoras de presión y manómetros para lectura, estos manómetros para mantener una presión de entrada al equipo según su disposición energética, de acuerdo con la demanda horaria. Las estaciones de regulación tienen una presión regulada de 40 psi.



*Figura 4.6.* Estación de regulación para centros de equipos

Fuente: Propia



#### 4.2.2. Demanda

Dentro de los equipos de demanda del hospital se encuentran tanques de agua caliente, autoclaves, marmitas, lavavajillas, lavadoras, secadoras y planchadoras. Varias de las unidades o áreas de abastecimiento de vapor del hospital son suplidas por tanques de agua caliente para labores diarias. Dentro de lo observado existen tanques en mejores condiciones en términos físicos, como es el caso del tanque del área de oncología que contrasta con el de Rehabilitación esto por su antigüedad. En la Figura 4.7 se observan los tanques del área de rehabilitación marca Hubbell.

Los tanques se encuentran en las áreas de nutrición, oncología, rehabilitación, neurología y edificio de medicina. Los tanques no cuentan con codificación de los accesorios como válvulas, además que el área de oncología el espacio de almacenamiento de las unidades es estrecho para el desarrollo de mantenimiento.



*Figura 4.7. Tanques de agua caliente rehabilitación*

Fuente: Propia

El área de nutrición cuenta con un total de 6 marmitas fabricadas por la empresa Transmetal, estas unidades operan entre 30 a 40 psi de presión, su capacidad es aproximadamente de 420 litros, trabajan en turnos de 3 unidades, aunque varía según demanda, lo cual puede aumentar o disminuir.



*Figura 4.8.* Marmita del área de nutrición

Fuente: Propia

Las autoclaves se utilizan en diversas áreas del hospital, como centro de equipos, salas de operaciones y laboratorio clínico. En términos generales se encuentran en buenas condiciones operativas y aspecto físico. Las unidades de la marca Matachana son versiones más nuevas, a diferencia de las más antiguas como Tuttnauer y Steris, donde su estado físico no es el óptimo, así mismo el sistema de tuberías se encontraba oxidado y (durante la visita) unas válvulas de las tuberías se encontraban en mal estado. Cabe mencionar que el área donde se alojan, el espacio de acceso es muy reducido para mantenimiento.



*Figura 4.9.* Autoclave del área de centro de equipos, marca Matachana

Fuente: Propia

El área de lavandería es la estación de mayor demanda de vapor dado la magnitud y cantidad de los equipos que se usan, entre los que se encuentra lavadoras, secadoras y planchadoras industriales. Dentro de estos se encuentran equipos antiguos como nuevos, que no están rotulados ni tienen áreas marcadas. La robustez de estos equipos, por lo general, implica poco mantenimiento y menores fallas de operación.



*Figura 4.10. Secadora unidad de lavandería*

Fuente: Propia

En términos generales los equipos de demanda tienen un mantenimiento tercerizado con los fabricantes de cada una de las marcas desde los autoclaves, tanques de agua caliente hasta los equipos de lavandería. El Subdepartamento de Calderas se encarga del mantenimiento de planta, de la red de distribución y revisiones de los equipos.

### **4.3. CONDICIONES OPERATIVAS DEL SISTEMA DE VAPOR**

#### **4.3.1. Calderas**

La Planta de Vapor del Hospital San Juan de Dios sirve de suministro para una serie de procesos productivos que son de suma importancia para el funcionamiento integral del hospital, además de labores diarias. El sistema de vapor sirve de suministro para el HSJD, HNN y el HRBC, además que la lavandería del HSJD suministra al Hospital de la Mujer Carit, Hospital de Heredia y al Hospital Psiquiátrico Roberto Chacón Paut. Por esto uno de los sistemas de vapor más importantes, complejos y grandes a nivel nacional.

El sistema cuenta con 4 calderas de combustible tipo Búnker C que opera 24 horas los 365 días del año. El búnker es un combustible fósil con un alto poder calorífico y las unidades mecánicas que se usan para generar vapor, tienen una mayor facilidad para responder a cambios abruptos de demanda, lo cual lo vuelven un combustible muy atractivo para generación rápida y eficaz de vapor. A continuación, se muestra la Tabla 4.1 con las propiedades físicas del búnker:

Tabla 4.1. *Datos del Combustible Búnker tipo C*

Propiedad	Unidad	Mínimo	Promedio	Máximo
Poder Calórico	MJ/kg	42,2	42,5	42,8
Viscosidad a 50°C	mm <sup>2</sup> /s	270	389	489
Densidad a 15°C	kg/m <sup>3</sup>	951	987	992
Punto de Fluidez	°C	-33	3	15
Temperatura de Inflamación	°C	91	94	99
Agua y Sedimento	%	0,1	0,4	0,2
Contenido de Azufre	%	1	2	3
Calor de Combustión	kcal/kg	9584	9875	10165

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, RECOPE 2019

El sistema, aunque tenga 4 calderas, funciona operando en grupos de 2 calderas de 400 BHP y 300 BHP para una potencia de 700 BHP total, aunque esto no quiere decir que siempre suplen esa potencia, pues generalmente es menor. Los grupos de calderas funcionan en tiempos de uso de 12 horas diarias cada una, esto porque las calderas son sistemas que, si se dejan mucho tiempo presurizadas y sin encenderse, los químicos internamente buscarán precipitarse y se incrustan. Entonces se debe tener el sistema lo más constante posible para evitar este problema, la pareja que se mantiene inactiva se enciende 2 veces durante ese turno de inactividad para mantener sus condiciones óptimas de operación y parámetros químicos.

Tabla 4.2. *Características Operativas de las Calderas*

Características de Calderas							
Número	Marca	Modelo	Clasificación según Capacidad (kg/h)	Clasificación según Fluido de Trabajo	Potencia (HP)	Montaje	Tiempo de uso diario (h)
1	Cleaver Brooks	4WI 700-400-150ST	B (6259,5)	Pirotubular	400	Horizontal	12
2	Cleaver Brooks	4WG 700-300-150ST	B (6259,5)	Pirotubular	300	Horizontal	12
3	Cleaver Brooks	4WI 600-400-150ST	B (6259,5)	Pirotubular	400	Horizontal	12
4	Cleaver Brooks	4WG 700-300-150ST	B (6259,5)	Pirotubular	300	Horizontal	12

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

En la Tabla 4.2 se muestran las principales características operativas y de instalación de las calderas. Como se puede observar su marca es Cleaver Brooks, montaje Horizontal, de acuerdo al MTSS (2001), en el Reglamento de Calderas, clasifica a las 4 calderas como categoría B según su capacidad de vapor, esto quiere decir que tiene un rango entre 7500 a 2000 de kg/h producidos.

La planta cuenta con 3 operadores calificados para mantener y revisar que el sistema se encuentre trabajando bajo óptimas condiciones. Trabajan en turnos de 8 horas, 3 turnos al día, 1 turno cada operario. En caso de que alguno de los operadores presenta un día libre, vacaciones o incapacidad, es suplido por un técnico para ese día en específico. Se presenta una bitácora para anotar los reportes diarios dados por los operadores del funcionamiento de las calderas y alguna otra anomalía que encuentren.

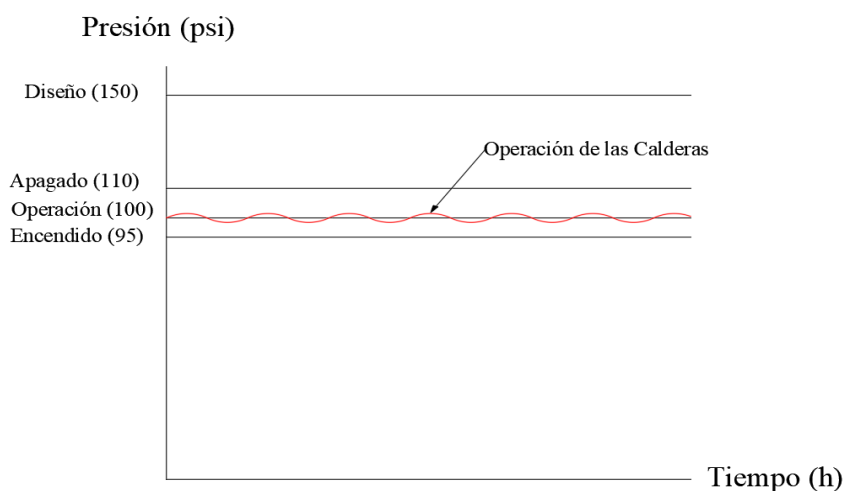


Figura 4.11. Gráfica de presiones de las calderas

Fuente: Elaboración propia, Autocad 2020

En la Figura 4.11 se muestra la gráfica de presiones para operación de las calderas, donde se observa que su presión de diseño (máxima) es de 150 psi, su presión de operación es de 100 psi. Esta presión puede oscilar, pero se trata de que esa oscilación sea lo menor posible durante su trabajo. La presión de apagado es de 110 psi, que es la presión máxima a la que puede llegar la operación de la caldera. Si llega a ese punto la caldera se apaga y modula para llegar a una operación normal. De igual manera pasa en la operación mínima de la caldera que es de 95 psi, al llegar cerca del valor la caldera se prende para modular y volver a un estado de operación estable.

Estos equipos se operan bajo modulación, según las horas pico de demanda. A las calderas se le realiza una inspección anual según el Reglamento de Calderas (2001) que consta de inspección ocular y de prueba hidrostática. Además, se le realiza una inspección semestral para mantenimiento y una inspección semestral interna.

#### **4.3.2. Equipos y accesorios del Sistema del Vapor.**

El sistema de vapor del HSJD es un sistema robusto y extenso que alimenta gran cantidad de equipos en diversos hospitales, el cual cuenta con un total de 36 motores eléctricos para el funcionamiento de equipos como bombas para el agua de alimentación, quemadores de las calderas, bombas para tanques de búnker, entre otros equipos. Cuenta a su vez con un gran sistema de retorno de condensados, con más de 55 trampas de vapor, en su mayoría de balde invertido y de marcas como Armstrong y Spirax Sarco, y trampas del tipo flotador para los tanques de agua caliente de las diferentes áreas. Cabe mencionar que la mayoría del vapor del sistema se retorna, con un porcentaje alrededor de más del 90%, con excepción del vapor de las áreas de salas de operaciones.

El sistema de distribución de tuberías, tanto principales como derivadas cuenta con una extensión mayor a los 650 metros, con diámetros que varían entre 4 pulgadas a 2 pulgadas de espesor, material de hierro negro, cédula 40, además de que todo el sistema de distribución cuenta con un aislante térmico de cañuela fibra de vidrio, con un grosor de 1 pulgada. Cada área de demanda cuenta con válvulas para el cierre y apertura (check), manómetros en las secciones de los equipos y trampeo de las tuberías, así como sistemas de regulación de presión.

Los sistemas de alimentación de agua cuentan con indicadores y controles de nivel según se indica el Reglamento de Calderas (2001), además de controles de presión y control del sistema. La planta de calderas cuenta con tanques para alimentar el agua a la caldera del tipo desaireador, para calentar el agua de alimentación, por lo cual el agua al estar caliente elimina el oxígeno y evita corrosión interna en la Caldera.

La planta de calderas cuenta con un sistema automatizado para el monitoreo de los generadores de vapor, este panel de control presenta los indicadores de temperatura, presión, nivel de agua, vapor, emisiones de gases, temperatura de los gases, así como de quemadores y motores eléctricos de la planta. Este sistema se encuentra ubicado en la oficina del coordinador de planta y es manipulado únicamente por él. Además, cuenta con un sistema de Blowdown Heat Recovery, uno para cada dos Calderas para la recolección de calor de purga.

#### 4.3.3. Estimación de la Demanda de Vapor.

La demanda de vapor se distribuye entre 4 principales usuarios que son el HSJD, HNN, HRBC y la lavandería, este último presenta el mayor porcentaje de demanda del sistema. Dentro de las áreas y equipos que demanda el vapor del HSJD se encuentran los siguientes, desglosados en la Tabla 4.3, además de la función que cumplen cada uno de estos.

Tabla 4.3. *Resumen de los Equipos de demanda del Sistema de Vapor*

Unidad	Equipo	Función
Rehabilitación Centro de Acopio	Tanques de Agua Caliente	Pilas - Baños - Equipos limpieza pacientes
Nutrición	Marmitas - Lavaplatos - Tanques de Agua Caliente	Cocción de alimentos Lavado - Secado
Salas de Operaciones	Autoclaves	Esterilización
Centro de Equipos	Autoclaves	Esterilización - Lavado
Neurología	Tanques de Agua Caliente	Pilas - Baños
Oncología	Tanques de Agua Caliente	Pilas - Baños
Laboratorio Clínico	Autoclaves	Esterilización - Lavado
Edificio de Medicina	Tanques de Agua Caliente	Pilas - Baños
Lavandería	Secadoras - Planchadoras Lavadoras	Desinfección y limpieza ropa

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Como se puede observar en la Tabla 4.3 entre los equipos de consumo de vapor, se encuentra la unidad de lavandería del hospital que es de suma importancia, ya que esta lavandería abastece no solo al HSJD sino a otros 3 hospitales más como se mencionó anteriormente. Cumple funciones básicas como lavado de uniformes, secado y planchado de prendas de pacientes y funcionarios.

Así mismo, se encuentra el área de nutrición que abastece de alimentos a cada uno de los enfermos del hospital, de igual manera esta área es primordial, ya que hay pacientes que por su estado de salud tienen que cumplir ciertas dietas e ingerir ciertos tipos de alimentos. En esta área, el vapor se usa para cocerlos y prepararlos por medio de marmitas, así como para la limpieza de cubiertos y platos por medio de una máquina lavaplatos industrial.

En las salas de operación es vital, dado que cuentan con autoclaves que son instrumentos que funcionan con vapor, para la esterilización a alta presión y, de este modo, desinfectar materiales e instrumentos quirúrgicos. Este es el único abastecimiento de vapor, que no tiene retorno de vapor dado que se contamina. En el centro de equipos se encuentran las autoclaves que tienen como función la esterilización de las prendas provenientes de lavandería.

Para las unidades de rehabilitación se usan tanques de agua caliente que suministran el vapor a equipos que se usan para la limpieza de extremidades de pacientes en tinas de aluminio. Además, en las unidades de neurocirugía, edificio de medicina, oncología de hombres y mujeres se tienen de igual manera tanques de agua caliente que se usan para abastecer baños para pacientes y pilas para diferentes procesos. En el laboratorio clínico se usan autoclaves para la esterilización de instrumentos como frascos para pruebas de exámenes.

La planta de calderas no cuenta con datos ni registros de la demanda de vapor, por lo que procede a estimar el consumo. Spirax Sarco, (2020) propone 3 modos de estimar la demanda de vapor: el primero se refiere a la medición del caudal por medio de instrumentos como los flujómetros, dado las condiciones de la planta como las limitaciones del proyecto este método no es oportuno; los siguientes dos modos se puede estimar por medio de los fabricantes con los datos de las fichas técnicas y catálogos que contengan los datos de consumo de vapor (kg/h o lb/h) y mediante el cálculo de la demanda de los equipos. El inconveniente al considerar los datos de consumo del fabricante mediante sus fichas técnicas o catálogos, es que muestra los consumos nominales (máximos), por lo cual se les establece un factor de demanda de acuerdo a los datos de los equipos y criterio de experto.



## Marmitas

Para la estimación del consumo de vapor de las marmitas, se calculó su caudal por medio de las fórmulas de la “*Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados*” de Armstrong, dado que el flujo de condensado trapeado es una proyección cercana al flujo de vapor del equipo, se hace uso de la Ecuación 4.1.

$$Q = \frac{L \times sg \times Cp \times \Delta T \times 1}{H \times t}$$

*Ecuación 4.1.* Carga de condensado para Ollas con Camisa de Vapor

Fuente: (Armstrong, 1998)

Donde:

Q = Carga de condensado en kg/h

L = Volumen del líquido a ser calentado (litros)

Sg = Gravedad específica del líquido

Cp = Calor específico del líquido (kJ/kg °C)

ΔT = Aumento de temperatura del líquido, °C

1 kg/l = densidad del agua a 4°C

H = Calor latente del vapor (kJ/kg)

t = Tiempo de calentamiento del producto, h

Tabla 4.4. *Datos operativos de las marmitas*

L (l)	sg	Cp ( kJ/kg °C)	T (°C)		H (kJ/kg)	t	Presión Manométrica (bar)	Presión Atmosférica (bar)	Presión Absoluta (bar)
			Ti	Tf					
420	1	4,19	20	100	2165,29	0,5	2,1	0,883	2,95

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

En la Tabla 4.4 se observan los datos para calcular la carga de condensado de las marmitas, cabe mencionar que tanto calor y gravedad específicos se obtuvieron de la tabla 50-1 “*Propiedades Físicas de Líquidos y Sólidos*” de la Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados que se encuentra en la sección de Apéndices 11.1. El calor latente del vapor se calculó, por medio de una interpolación con base en la presión absoluta y la “*Tabla de Vapor para Calderas*” sección de Apéndices 11.1.

$$Q = \frac{420 (L) \times 1 \times 4,19(\text{kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}) \times (100-20)^\circ\text{C} \times 1}{2165,29 (\text{kJ}/\text{kg}) \times 0,5} = 130,04 \text{ kg/h.}$$

### **Autoclaves**

Las autoclaves se encuentran en 3 áreas dentro del HSJD que son sala de operaciones marca Tuttnauer, Centro de Equipos marcas Tuttnauer, Matachana y Steris y Laboratorio Clínico marcas Tuttnauer y Matachana. Para estos equipos se buscó por medio del fabricante los datos de consumo de vapor. Se encontró en sus catálogos los datos de la demanda, y se aproximó al valor de demanda de vapor en kg/h.

### **Planchadoras**

Las planchadoras del área de lavandería son marca Chicago Dryer y Kannegiesser. La marca Chicago Dryer contaba con su capacidad en BHP y mediante la conversión a kg/h se obtuvo su capacidad aproximada de vapor. Para la marca Kannegiesser no se logró en sus catálogos encontrar su capacidad en kg/h, pero su valor se estimó con la ficha técnica de la marca Chicago Dryer, ya que contaban con características operativas similares.

### **Secadoras**

La marca de las secadoras es Challenge. Para este fabricante no se logró encontrar su capacidad, por lo cual se tuvo que buscar otro fabricante con características operativas similares y obtener su capacidad de vapor. En la marca Braun se encuentran secadoras con características constructivas y operativas similares, y se aproximaron valores de los BHP, por lo cual se tomaron estos como referencias.

### **Lavadoras**

La marca de las lavadoras es Braun, por medio del modelo se encontró su capacidad de vapor en BHP. Para la marca Kannegiesser no se encontraron datos relacionados al consumo de vapor en sus catálogos, por lo cual se aproximó su valor nominal de kg/h con los datos de la marca Braun.

## **Tanques de Agua Caliente**

Los tanques de Agua Caliente del HSJD son de 2 tipos de marcas; Hubbell y Lochinvar. Para la marca Hubbell, se hallaron los datos de consumo en kg/h tanto en los datos de placa como en su catálogo, pero para la marca Lochinvar no se logró encontrar su valor de demanda, por lo que se aproximó con los valores de la marca Hubbell. En la sección de apéndices 11.2 se encuentran los datos de fichas técnicas de cada una de las marcas de los equipos de demanda encontrados.

En la Tabla 4.5 se muestra características básicas de los equipos, así como un resumen de la cantidad de equipos por área o zona en el HSJD y lavandería, además del consumo unitario de cada equipo en kg/h y lb/h. En la Tabla 4.6 se muestra el horario estimado de demanda en kg/h para cada una de las zonas del HSJD y lavandería, los horarios pico se producen en 4 horarios distintos del día, en la mañana de 6:00 am a 8:00 am, 9:00 am a 2:00 pm y en tarde-noche de 3:00 pm a 4:00 pm y de 5:00 pm a 6:00 pm. El factor de demanda se estima entre 65% a 70% del valor nominal, según criterio aproximado de fabricante como rango aceptable de operación. Este es un valor que puede variar, pero para cálculos del proyecto se da “el rango”. En la sección de Apéndices se encuentra la justificación del coordinador de calderas para dar el aval de tomar este rango como aceptable.

El horario de demanda se estimó mediante el desarrollo de entrevistas a los encargados de cada una de las áreas. Para los tanques de agua caliente, en cada área se encuentran dos unidades, de las cuales trabajan a un 50% de su capacidad. Las marmitas trabajan tres unidades en los horarios mostrados, el lavavajillas se asumió a un 100%. Las autoclaves trabajan alrededor de un 65% de su capacidad máxima, en el área de sala de operaciones operan durante sus usos. Por lo general trabajan dos unidades, pero esta área como tal no tiene un horario específico de uso, por lo cual se asume un uso de las 24 horas del día como el más crítico.

En el área de centro de equipos operan 3 unidades, como existen diferentes marcas y consumos variados se asumen los de mayor consumo. En el área de laboratorio clínico operan las dos autoclaves. Para el área de lavandería las secadoras operan alrededor de un 65% de su capacidad, dos unidades a la vez. Las lavadoras operan con alrededor de un 65% y operan

de 6:00 am a 8:00 pm 6 unidades (varían sus usos entre los 9 totales) y de 8:00 pm a 4:00 am, solo operan 3 unidades. Finalmente, las planchadoras operan 2 a la vez, alternando su uso, a un 65% de su capacidad.

Tabla 4.5. *Resumen de Características Equipos de demanda de vapor HSJD y Lavandería*

<b>Demanda de Vapor para el HSJD y Lavandería</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo de Vapor (kg/h)</b>	<b>Consumo de Vapor (lb/h)</b>
<b>Rehabilitación</b>					
Tanques de Agua Caliente	Hubbell	ST345SL-3000S	2	1437,4	3169,0
<b>Nutrición</b>					
Marmitas	TransMetal	TransMetal	6	129,7	285,9
Lavavajillas	HOBART	CLPS66E	1	57	125,0
Tanque de Agua Caliente	Lochinvar	GVG0423JR-7-001	1	458,25	1010,3
<b>Salas de Operaciones</b>					
Autoclaves	Tuttnauer	69120SP-1A	3	82	180,8
<b>Centro de Equipos</b>					
Autoclave	Steris	AMSCO 400	1	116	255,0
Autoclave	Matachana	1010 V-1	1	174	383,6
Autoclaves	Tuttnauer	69120SP-1A	2	82	180,8
<b>Neurología</b>					
Tanques de Agua Caliente	Armstrong	LTS8024-2	2	458,31	1010,4
<b>Oncología de Hombres y Mujeres</b>					
Tanques de Agua Caliente	Lochinvar	GVG0423JR-7-001	2	458,31	1010,4
<b>Laboratorio Clínico</b>					
Autoclave	Matachana	1010 V-1	1	174	383,6
Autoclave	Tuttnauer	6671162-1V	1	80	176,4
<b>Edificio de Medicina</b>					
Tanques de Agua Caliente	Hubbell	ST345SL-3000S	2	1437,4	3169,0
<b>Lavandería</b>					
Secadoras	Challenge	SLS4	3	649,48	1431,8
Planchadora	Chicago Dryer	CENTIII525TCC	2	704,25	1552,6
Planchadora	Kanngiesser	CFM.II 35-1/2/4-2-KR1-PA2-R	1	704,25	1552,6
Lavadora	BRAUN	600NMTVP-3	6	784,065	1728,6
Lavadora	Kanngiesser	-	3	784,065	1728,6

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Tabla 4.6. Horario de demanda de vapor en kg/h

Unidad	Rehabilitación	Nutrición			Sala de Operaciones	Centro de Equipos	Neurología	Oncología	Laboratorio Clínico	Edificio de Medicina	Lavandería			Capacidad HSJD y Lavandería		Capacidad Total	
		Tanques de Agua Caliente	Marmitas	Lavavajillas							Tanque de Agua Caliente	Autoclaves	Autoclaves	Tanques de Agua Caliente	Tanques de Agua Caliente	Autoclaves	Tanques de Agua Caliente
12:00 - 1:00 am				229	107		229	229		719	909		2 352	4 774,22	10 525,33	7 472,85	16 474,80
1:00 - 2:00 am				229	107		229	229		719	909		2 352	4 774,22	10 525,33	7 472,85	16 474,80
2:00 - 3:00 am				229	107		229	229		719	909		2 352	4 774,22	10 525,33	7 472,85	16 474,80
3:00 - 4:00 am				229	107		229	229		719	909		2 352	4 774,22	10 525,33	7 472,85	16 474,80
4:00 - 5:00 a.m.				229	107		229	229		719	909			2 422,02	5 339,64	3 791,07	8 357,88
5:00 - 6:00 a.m.	1 437			229	107		229	229		719	909			3 859,46	8 508,64	6 041,02	13 318,16
6:00 - 7:00 a.m.		253	57	229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	7 111,68	15 678,55	11 131,56	24 540,87
7:00 - 8:00 a.m.		253	57	229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	7 111,68	15 678,55	11 131,56	24 540,87
8:00 - 9:00 a.m.				229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	6 802,08	14 996,01	10 646,97	23 472,53
9:00 - 10:00 a.m.		253	57	229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	7 111,68	15 678,55	11 131,56	24 540,87
10:00 - 11:00 a.m.		253	57	229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	7 111,68	15 678,55	11 131,56	24 540,87
11:00 - 12:00 md	1 437			229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	8 239,52	18 165,01	12 896,92	28 432,81
12:00 - 1:00 pm		253	57	229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	7 111,68	15 678,55	11 131,56	24 540,87
1:00 - 2:00 pm		253	57	229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	7 111,68	15 678,55	11 131,56	24 540,87
2:00 - 3:00 pm				229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	6 802,08	14 996,01	10 646,97	23 472,53
3:00 - 4:00 pm		253	57	229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	7 111,68	15 678,55	11 131,56	24 540,87
4:00 - 5:00 pm				229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	6 802,08	14 996,01	10 646,97	23 472,53
5:00 - 6:00 pm		253	57	229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	7 111,68	15 678,55	11 131,56	24 540,87
6:00 - 7:00 pm				229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	6 802,08	14 996,01	10 646,97	23 472,53
7:00 - 8:00 pm				229	107	242	229	229	165	719	909	916	3 058	6 802,08	14 996,01	10 646,97	23 472,53
8:00 - 9:00 pm				229	107	242	229	229	165	719	909		2 352	5 180,90	11 421,92	8 109,41	17 878,17
9:00 - 10:00 pm				229	107	242	229	229	165	719	909		2 352	5 180,90	11 421,92	8 109,41	17 878,17
10:00 - 11:00 pm				229	107		229	229		719	909		2 352	4 774,22	10 525,33	7 472,85	16 474,80
11:00 - 12:00 pm				229	107		229	229		719	909		2 352	4 774,22	10 525,33	7 472,85	16 474,80
<b>Total</b>														<b>144 431,95</b>	<b>318 417,56</b>	<b>226 072,31</b>	<b>498 403,54</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

En la Tabla 4.7 se muestran estadísticas de la demanda de vapor obtenida a partir de la Tabla 4.6, según sus horarios pico. El valor máximo considerando solo el HSJD y la lavandería es de 8239,52 kg/h, pero el sistema de vapor alimenta también al HNN y HRBC, por lo que falta considerar la demanda de estos hospitales. Considerando todo el complejo hospitalario el valor máximo obtenido es de 12 896,92 kg/h (en el horario de 11:00 am a 12:00 md), el cual se encuentra por encima del valor máximo de 12 519 kg/h que pueden entregar las 2 calderas que operan simultáneamente. Cabe mencionar que es una estimación realizada según datos de fabricante, cálculos y horarios de uso de los encargados de los equipos que pueden variar durante el día, donde se asumen consumos máximos o porcentajes aproximados del valor nominal. Sin embargo, los horarios de operación pueden variar de un día a otro y el consumo de vapor de los equipos fluctúa, esto genera que sus valores de demanda varíen. La demanda total durante las 24 horas es de 226 072,31 kg/h de vapor para todo el complejo hospitalario.

Tabla 4.7. *Estadísticas de la Demanda de Vapor por hospital*

<b>Estadísticas de la Demanda Diaria de Vapor</b>						
Rubro	Mínimo	Máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
<b>Hospital San Juan de Dios - Lavandería</b>						
kg/h	2 422,02	8 239,52	6 018,00	1 993 562,80	1 411,94	23,46%
lb/h	5 339,64	318 417,56	13 267,40	9 689 411,65	3 112,78	23,46%
<b>HSJD - HNN - HRBC - Lavandería</b>						
kg/h	3 791,07	12 896,92	9 419,68	4 884 252,79	2 210,03	23,46%
lb/h	8 357,88	28 432,81	20 766,81	23 739 174,84	4 872,29	23,46%

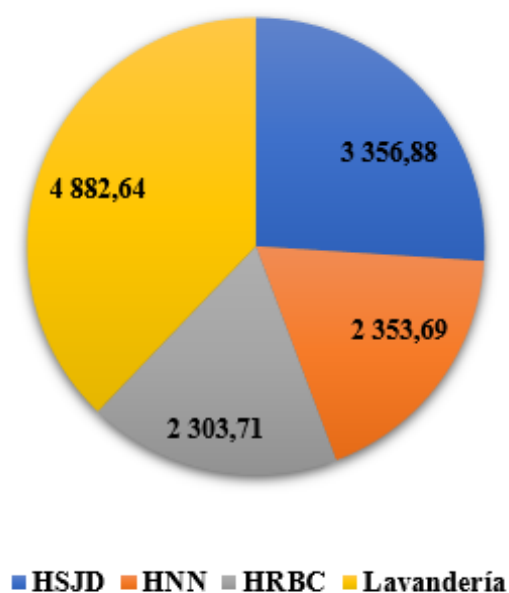
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Una vez obtenido el valor de consumo del HSJD y lavandería se estima el porcentaje y demanda para el HNN y HRBC. Tanto para el HNN como para el HRBC no se tienen registros de los equipos, ni datos. Se encontró únicamente que el HNN consumo un 18,25% del combustible total y el HRBD un 17,86%, por lo cual este porcentaje se usó como tal para calcular la demanda. En la Tabla 4.8 se muestra los valores de en kg/h y en lb/h, así como el porcentaje de cada sección del sistema, la Gráfica 4.1 muestra la demanda estimada para cada uno de los complejos hospitalarios.

Tabla 4.8. Horario de demanda diaria de vapor por hospital

Hospital	HSJD	HNN	HRBC	Lavandería	Total
kg/h	3 356,88	2 353,69	2 303,71	4 882,64	12 896,92
lb/h	7 400,64	5 188,99	5 078,81	10 764,37	28 432,81
%	26,03	18,25	17,86	37,86	100

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020



Gráfica 4.1. Demanda Máxima Diaria por Hospital (kg/h)

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

#### 4.4. COSTOS PARA PRODUCCIÓN DE VAPOR

Los costos para producción de vapor dentro de la planta de calderas del HSJD son registrados por mes, bajo operaciones normales del sistema y de cada uno de los equipos abastecidos. Los costos para el abastecimiento de vapor se subdividen en cuatro pilares fundamentales que son los costos y consumo del combustible, eléctrico, del agua y costos de mantenimiento. En primer lugar, se describirán los costos del combustible en la planta.

#### 4.4.1. Combustible Búnker C

El área de calderas cuenta con dos tanques de almacenamiento del combustible búnker tipo C en frío, con capacidad de 50 000 litros cada uno, y dos tanques de búnker caliente con una capacidad de 10 000 litros para alimentar las 4 calderas del sistema que operan en turnos de 12 horas. La eficiencia de combustión de las calderas es de 92% - 93,5% según datos del estudio de análisis de muestreo de emisiones de gases de las calderas del 2017. Dentro del área de calderas el sistema tiene cuatro usuarios que representan el consumo total del búnker en la planta. Como se puede observar en la Tabla 4.10 se muestra el desglose porcentual para cada usuario, que son el HSJD que representa el 20,35%, el HRBC que representa el 17,86%, el HNN que representa 18,25% y la lavandería del HSJD que representa el 43,53% del combustible demandado.

La demanda de combustible del HRBC y HNN tiene únicamente el valor porcentual de consumo y no para cada área y equipo como tal, sin embargo, las funciones son similares que el HSJD, en laboratorios, nutrición, rehabilitación, salas de operación y demás áreas.

Tabla 4.9. *Costo del Combustible Búnker C 2016 – 2020*

Rubro	2016	2017	2018	2019	2020	jun 2019 - jun 2020
Costo Total (€)	218 626 155,41	428 419 199,42	449 597 072,36	445 121 939,65	157 465 610,33	401 924 483,59
Consumo Total (l)	1 726 398	1 726 422	1 589 699	1 648 047	965 116	1 927 356
Consumo Total (gal)	456 066	456 072	435 368	435 368	254 957	509 153

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

En la Tabla 4.9 se muestra un desglose de los costos totales de combustible desde el año 2016, que fue el año de instalación del nuevo sistema de vapor hasta el año 2020 en el mes de junio. Se puede observar que los costos totales por año tienen mucha variación dado a los precios del Búnker tipo C, sin embargo, el consumo total por año se mantiene en un rango similar, con excepción del año 2016.



Tabla 4.10. *Distribución porcentual del consumo (l) del Combustible Búnker C por hospital*

Hospitales	2016	2017	2018	2019	2020	jun 2019 - jun 2020	%
HSJD	351 365,15	351 370,04	323 543,49	335 418,77	196 425,30	392 265,06	0,203525
HRBC	308 377,84	308 382,13	283 959,98	294 382,40	172 393,91	344 273,91	0,178625
HNN	315 067,64	315 072,02	290 120,07	300 768,58	176 133,73	351 742,41	0,1825
Lavandería	751 587,37	751 597,82	692 075,46	717 477,26	420 163,40	839 074,29	0,43535
Total	1 726 398,00	1 726 422,00	1 589 699,00	1 648 047,00	965 116,33	1 927 355,67	1

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

En la Tabla 4.11 se muestran los datos de consumo del combustible en litros y galones que van desde el mes de junio del 2019 hasta junio del 2020, además de los costos de pedido de combustible por mes. Estos datos son los que se van a manejar más adelante en el proyecto para estimaciones y proyecciones futuras dado que son las últimas registradas. Los costos económicos por el transporte de combustible se tomarán como costos fijos, ya que este servicio no se ve afectada variación de precio, pero si se ve afectado el volumen total de combustible, por lo cual las estimaciones económicas del pago de este. Cabe mencionar que para el transporte se utilizan 6 vehículos, cada uno con un total de 22 mil a 30 mil litros según pedido.

Tabla 4.11. *Consumo del Combustible Búnker C en el sistema de vapor del HSJD*

Mes	Litros	Galones	Costo (₡)
jun-19	134 762	35 600,35	41 505 348,38
jul-19	143 633	37 943,73	44 237 425,01
ago-19	136 939	36 175,54	35 496 044,59
sep-19	139 137	36 756,10	34 230 484,74
oct-19	120 680	31 880,19	29 689 611,59
nov-19	136 320	36 011,84	29 889 450,11
dic-19	150 769	39 828,95	29 410 508,83
ene-20	168 406	44 488,24	32 851 023,44
feb-20	128 261	33 882,96	26 491 365,63
mar-20	154 045	40 694,38	32 497 047,00
abr-20	205 409	54 263,31	34 724 879,71
may-20	205 784	54 362,37	21 254 963,19
jun-20	103 211	27 265,46	9 646 331,36
Total	1 927 356	509 153,40	401 924 483,59
Poder Calórico		42,2	MJ/litros
Energía Anual Consumida		81 334 409	MJ/año

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

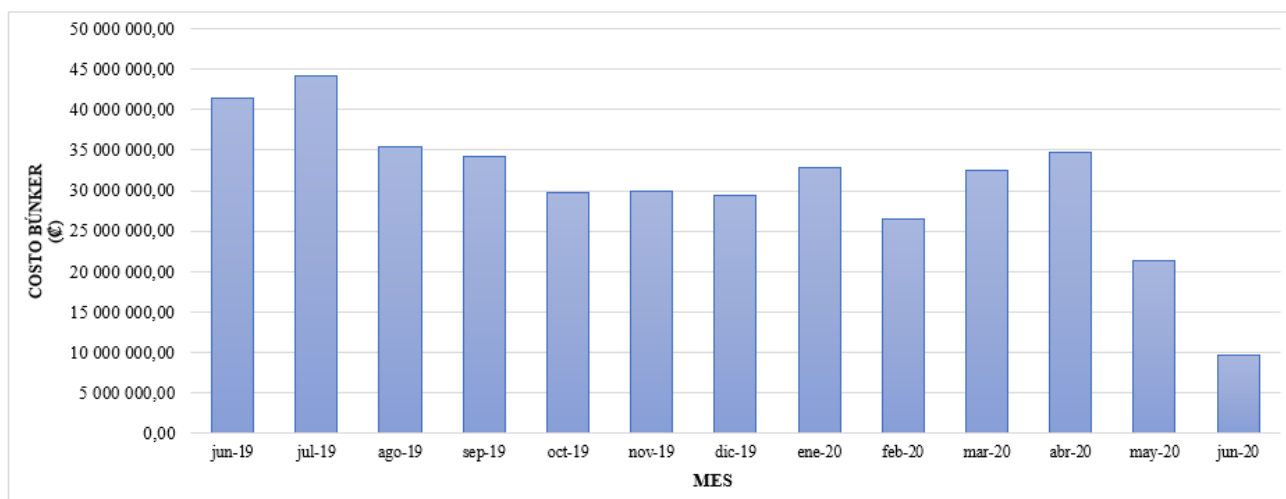
En la Tabla 4.12 se muestran los datos estadísticos del último año de consumo del combustible, entre los periodos de junio de 2019 a junio de 2020, que serán útiles para más adelante hacer comparaciones con las proyecciones futuras.

Tabla 4.12. *Datos estadísticos del Consumo (l) del combustible, junio de 2019 – junio de 2020*

Consumo Mín. Mens. (l)	Consumo Máx. Mens. (l)	Consumo Prom. Mens (l)	Desviación Estándar	% Coeficiente de Variación	Varianza
103 211	205 784	148 258	29 956	20%	897 355 698

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM.

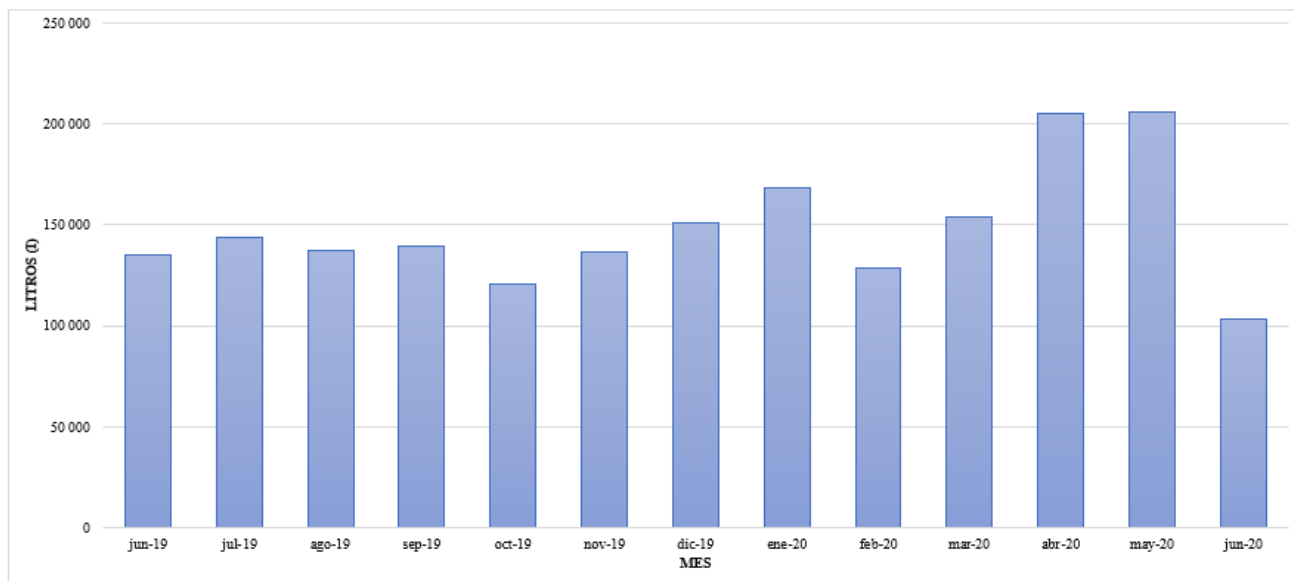
En la Gráfica 4.2 se muestran las variaciones de costos del combustible en el último año, como se mencionó anteriormente los costos de pedido varían según el valor de mercado del búnker tipo C de Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), para cada uno de los meses. Para los meses del 2020 la variabilidad del precio del combustible tuvo tendencia a la baja dado la crisis financiera.



Gráfica 4.2. Costo del Combustible Búnker C de junio de 2019 – junio de 2020

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

En la Gráfica 4.3 se muestra que las variaciones del consumo de combustible mantienen una línea de tendencia, con ciertos picos en los meses de enero, abril y mayo del 2020. En la Tabla 4.12 indica que el mes en que se reportó menor consumo de combustible fue junio del 2020 con 103 211 litros y el mes de mayor consumo fue el mes de mayo del mismo año con 205 784 litros, alrededor del doble del mínimo.

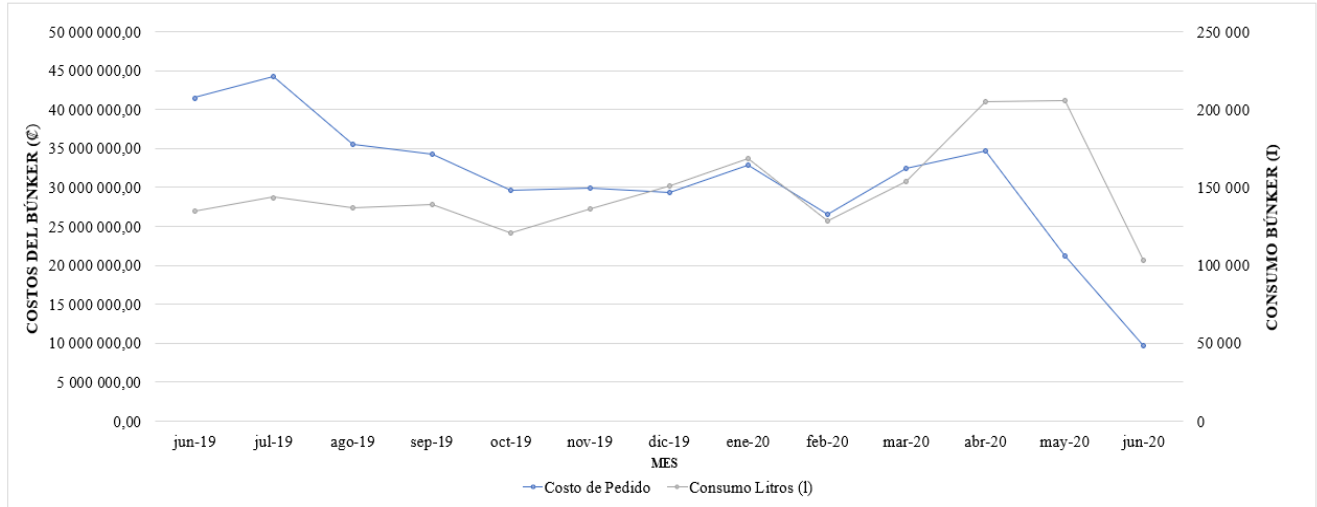


*Gráfica 4.3. Consumo del Combustible Búnker C de junio de 2019 – junio de 2020*

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

En los meses de 2019 el consumo de vapor presenta una tendencia regular promedio entre los consumos, pero en los primeros meses de 2020 se presentan fluctuaciones. Esta demanda se puede deber a diversos motivos de uso de los equipos, pero un punto clave a tomar en consideración es la crisis de salud que ocurre en el año, donde la demanda de combustible para el área de lavandería es crítica, que es la de mayor porcentaje de consumo de vapor.

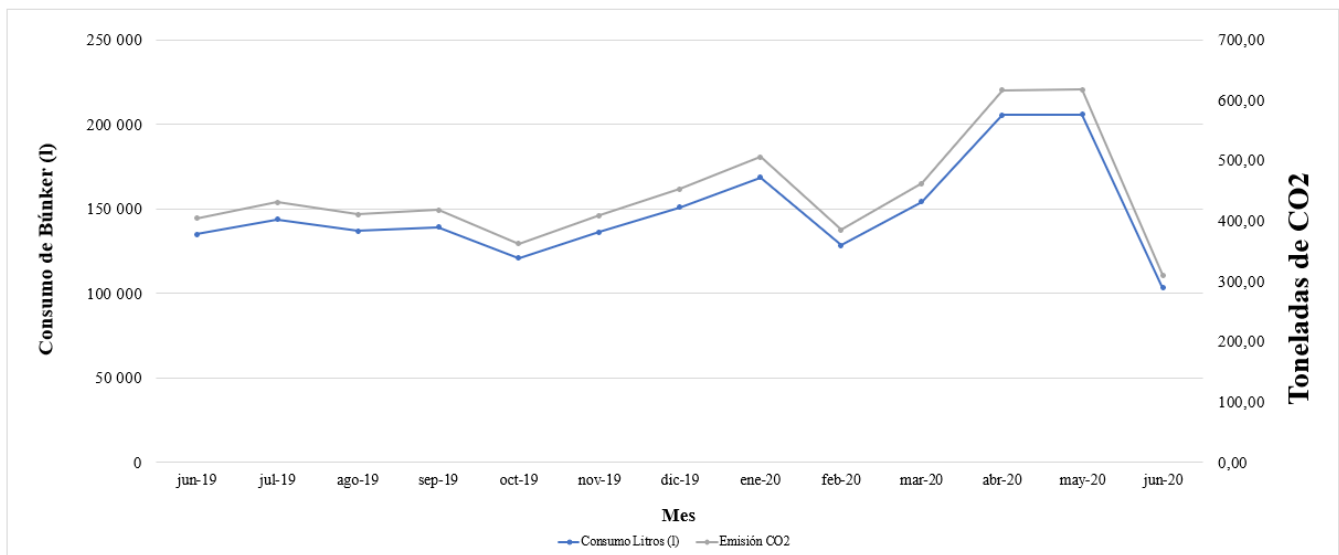
En la Gráfica 4.4 se muestra la tendencia del costo del combustible contra la demanda del búnker, en el eje vertical izquierdo se muestran los costos y en el eje vertical derecho se muestra el consumo, un punto a considerar es que en que el año 2019, en el cual se tuvo un promedio de consumo de combustible más regular, la línea de tendencia de costos está por encima del consumo, pero en los últimos meses de 2020 la línea de tendencia de demanda se encuentra por encima de los costos.



Gráfica 4.4. Costo vs Consumo del Búnker C de junio de 2019 – junio de 2020

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

En la Gráfica 4.5 se muestra la tendencia de los litros de Búnker consumidos contra las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos, donde las emisiones de dióxido de carbono son directamente proporcionales a la demanda de Búnker C. Al optimizar el sistema de vapor del hospital y se logre reducir el gasto de búnker, se puede generar una reducción en la huella de carbono en la planta, generando de este modo una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para el combustible Búnker el factor de emisión es igual a 0,003 toneladas/litro de CO<sub>2</sub>.



Gráfica 4.5. Consumo de Búnker C vs Emisión de CO<sub>2</sub> de junio de 2019 - junio de 2020

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

$$\text{Emisión} = \sum (\text{combustible} \times \text{EF})$$

*Ecuación 4.2.* Emisión de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes

Fuente: (Gamboa, 2014)

Donde:

Emisión = emisión de CO<sub>2</sub> (toneladas)

Combustible Búnker = Tipo de combustible (litros)

EF = Factor de emisión (toneladas/litro), 0,003 para el búnker.

Para la Gráfica 4.4, se utilizó la Ecuación 4.2 para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono por litros de búnker consumidos mensualmente para el periodo entre junio de 2019 y junio de 2020.

#### **4.4.2. Electricidad**

Para la producción de vapor el consumo eléctrico es muy importante, ya que significa un gran costo económico dentro de la planta. La planta de calderas es abastecida por la compañía Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), para el consumo total eléctrico del área de calderas, que se estima por medio de dos medidores dentro del hospital. El primer medidor con el nombre de “Calderas” número 818383, del consumo total reportado por este medidor el sistema de vapor representa un 70% y el segundo medidor con el nombre de “Sala de Operaciones Chiller” número 926398, del consumo total reportado por este medidor el sistema representa un 20% y la suma de estos dos consumos representa el consumo total eléctrico para el área de calderas del HSJD.

Para el HSJD el tipo de tarifa que les brinda CNFL es Media Tensión (T-MT). En la Tabla 4.13 se muestra el costo total de la electricidad, así como el consumo de energía (kWh), potencia (kW) y sus respectivos costos entre los periodos de junio de 2019 a junio de 2020. Cabe mencionar que el costo total de electricidad difiere a la suma de energía más demanda dado que en este ya está considerado el costo por alumbrado público. En la tabla 4.13 se muestra el gasto total eléctrico del último período, que es de 63 894 185 ¢. Para fines del cálculo de demanda de vapor el valor de interés es el valor de demanda, el cual es de 15 793 638 ¢ totales del último año.

Tabla 4.13. *Costos de la Electricidad en el área calderas del HSJD*

Mes	Costo Electricidad (₡)	Energía (kWh)	Costo Energía (₡)	Demanda (kW)	Costo Demanda (₡)
jun-19	12 794 299,50	129 180,00	9 209 241,00	279,96	3 124 098,50
jul-19	4 191 631,00	42 056,30	3 011 301,50	88,56	992 604,50
ago-19	4 091 029,00	39 953,40	2 903 413,50	85,49	972 553,00
sep-19	4 051 409,50	38 799,30	2 819 543,50	89,41	1 017 103,00
oct-19	4 167 887,50	40 037,60	2 936 498,00	90,28	1 036 546,00
nov-19	4 148 212,50	39 563,90	3 012 792,00	86,81	1 034 786,00
dic-19	3 860 374,50	36 230,50	2 758 951,00	84,10	1 002 494,50
ene-20	4 152 256,50	38 596,30	2 947 572,50	92,12	1 101 276,00
feb-20	4 242 479,50	39 881,90	3 091 246,00	83,19	1 009 401,50
mar-20	4 529 645,00	41 692,00	3 231 546,00	94,96	1 152 278,00
abr-20	4 244 367,00	39 362,60	3 050 995,50	86,81	1 053 380,50
may-20	4 421 615,00	40 941,20	3 173 352,00	91,02	1 104 423,00
jun-20	4 998 978,50	47 075,50	3 648 823,00	98,29	1 192 693,50
<b>Total</b>	<b>63 894 185,00</b>	<b>613 370,50</b>	<b>45 795 275,50</b>	<b>1 351,00</b>	<b>15 793 638,00</b>

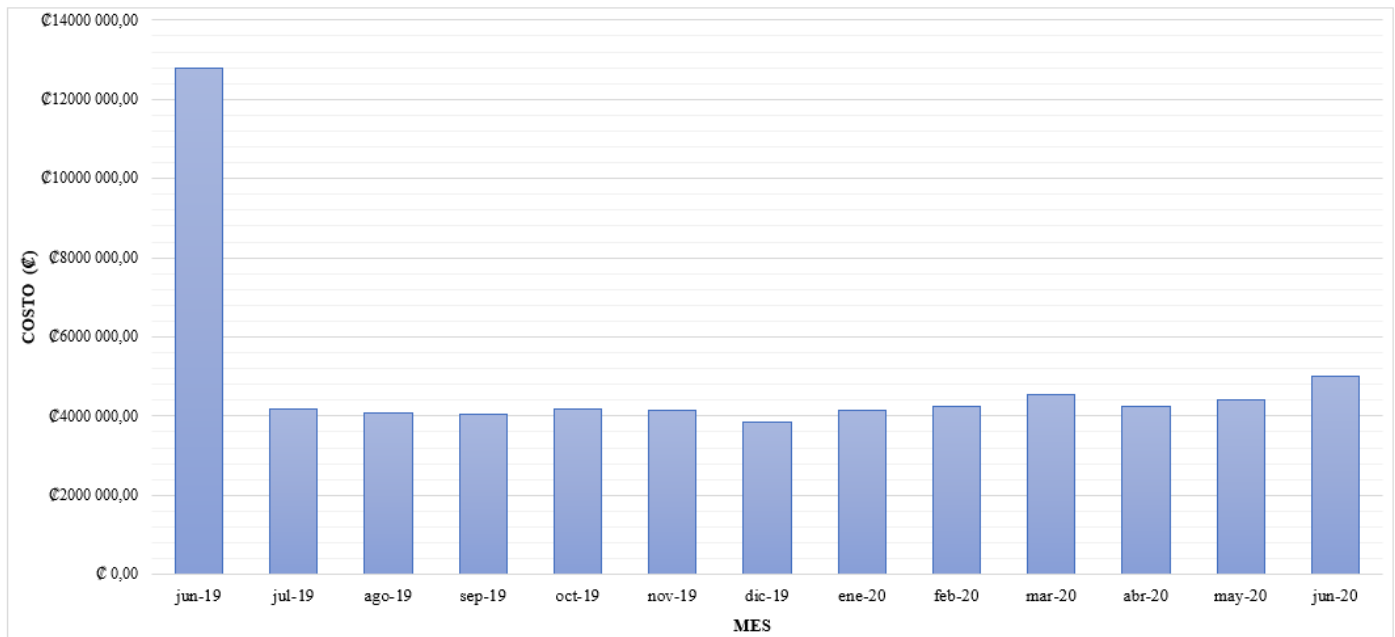
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

En la Tabla 4.14 se muestran los datos estadísticos de los costos eléctricos, así como de demanda y energía. Se puede observar que para cada uno de los montos en colones hay un pico reportado para el mes de junio de 2019, el cual es directamente proporcional al consumo tanto de demanda como de energía y afecta la línea de tendencia que venía reportando en los datos para los siguientes meses. En el Gráfico 4.6 se muestra el monto pico reportado para el mes de junio de 2019 de casi 13 000 000₡ cuando el promedio se mantiene en 4 000 000 ₡.

Tabla 4.14. *Datos estadísticos de los costos de electricidad del área de calderas*

Rubro	Mínimo	Máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
<b>Demanda (kW)</b>	83,19	279,96	103,92	2815,7	53,1	51,06%
<b>Energía (kWh)</b>	36 231	129 180	47 182,35	23463843548,9	24763,4	52,48%
<b>Monto Eléctrico (₡)</b>	3 860 374,50	12 794 299,50	4 914 937,31	5681042070539,6	2383493,7	48,49%
<b>Monto Energía (₡)</b>	2 758 951	9 209 241	3 522 713,50	2968777025633,3	1723013,9	48,91%
<b>Monto Demanda (₡)</b>	972 553,00	3 124 098,50	1 214 895,23	333293802383,4	577316,0	47,52%

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM



Gráfica 4.6. Costo de la Electricidad de junio de 2019 – junio de 2020

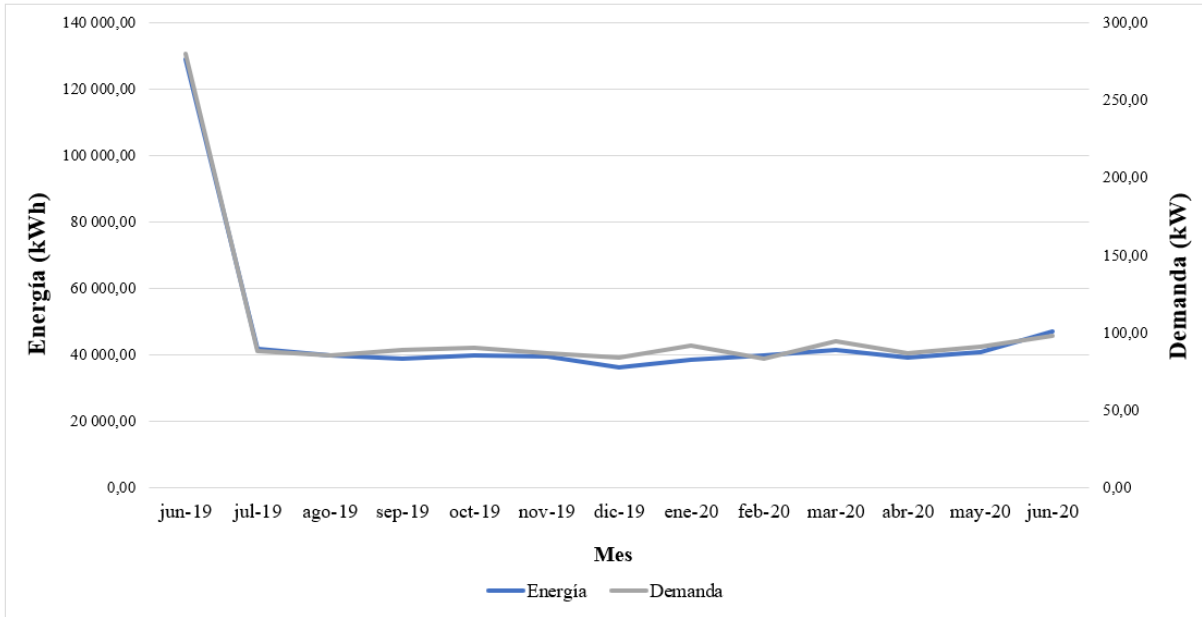
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

En la Gráfica 4.7, se muestra una comparativa entre demanda y energía, de igual manera el pico de consumo se da en el mes de junio de 2019, tomando en consideración el tipo de tarifa y costos según período, ya sea pico, valle y nocturna. En la Tabla 4.15 se muestran los costos unitarios según el período horario para energía y demanda según datos de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), la información solo muestra los datos del año 2019.

Tabla 4.15. Costos de Unitario (COP) de Energía y Demanda según periodo

Rubro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Energía	Punta	54,42	54,42	54,42	61,88	61,88	61,88	63,78	63,78	63,78	64,90	64,90	64,90
	Valle	27,21	27,21	27,21	30,94	30,94	30,94	31,89	31,89	31,89	32,45	32,45	32,45
	Noche	19,59	19,59	19,59	22,28	22,28	22,28	22,96	22,96	22,96	23,36	23,36	23,36
Potencia	Punta	9 542,79	9 542,79	9 542,79	10 850,90	10 850,90	10 850,90	11 183,42	11 183,42	11 183,42	11 380,78	11 380,78	11 380,78
	Valle	6 790,00	6 790,00	6 790,00	7 720,76	7 720,76	7 720,76	7 957,37	7 957,37	7 957,37	8 097,80	8 097,80	8 097,80
	Noche	4 310,42	4 310,42	4 310,42	4 901,28	4 901,28	4 901,28	5 051,48	5 051,48	5 051,48	5 140,63	5 140,63	5 140,63

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según ARESEP 2019



Gráfica 4.7. Energía (kWh) vs Demanda (kW) de junio 2019 – junio de 2020

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

#### 4.4.3. Agua

El costo de consumo de agua para la producción de vapor es otro componente importante dado el valor del monto económico que representa. El agua de alimentación es un aspecto muy importante dentro de las calderas, ya que esta afecta tanto el funcionamiento como la vida de estas. Las aguas naturales contienen una serie de impurezas:

1. Gases en disolución (oxígeno)
2. Compuestos minerales (magnesio, sodio, sílice etc.)
3. Partículas en suspensión.
4. Sustancias orgánicas en determinadas ocasiones.

El agua de alimentación de las calderas tiene que pasar por una serie de procesos para eliminar impurezas como las que se mencionaron anteriormente, por ende, a esta agua se le aplican tratamientos químicos para obtener un agua pura. En la Sección 4.4.4 de mantenimiento se detalla más a fondo acerca de los tratamientos químicos.

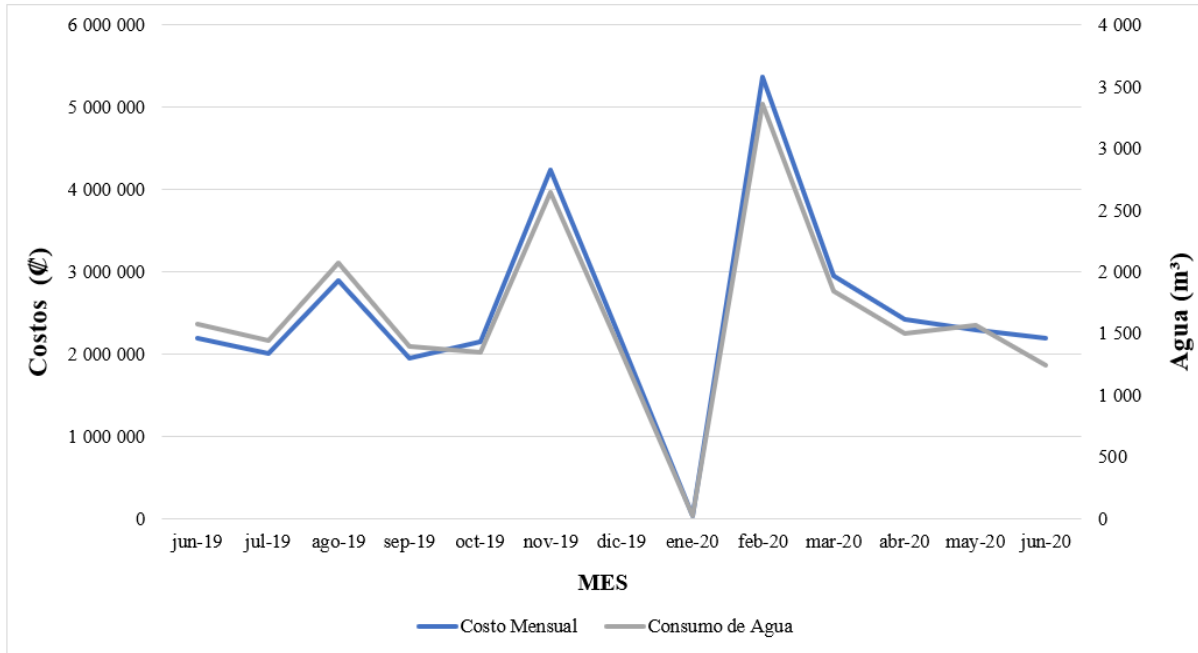


En la Tabla 4.16 se observa el consumo en metros cúbicos de agua por mes, así como su costo en el período de junio de 2019 a junio de 2020. Los costos del agua tienen una serie de irregularidades en el valor reportado de consumo, como lo es el mes de enero de 2020 con un valor de 24 m<sup>3</sup> reportados, datos que se alejan de la línea de tendencia y es un dato crudo. Noviembre de 2019 muestra un pico fuera de la línea de tendencia, el cual es de 2648 m<sup>3</sup> y en febrero de 2020 con un pico de 3359 m<sup>3</sup>. En la Gráfica 4.8 se muestra los costos contra el consumo mensual del agua, se puede visualizar mejor la irregularidad del registro del mes de enero. Como resultado los reportes de suministro de agua son irregulares y no mantienen una tendencia, donde presenta periodos con picos muy altos y bajos, así mismo se llega a la conclusión que hubo errores de toma de datos para el mes de enero 2020.

Tabla 4.16. *Costo y consumo del Agua de junio de 2019 a junio de 2020*

<b>Mes</b>	<b>Agua (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Costo (₡)</b>
<b>jun-19</b>	1 580	2 200 604
<b>jul-19</b>	1 445	2 013 690
<b>ago-19</b>	2 077	2 899 396
<b>sep-19</b>	1 398	1 945 323
<b>oct-19</b>	1 349	2 158 199
<b>nov-19</b>	2 648	4 236 042
<b>dic-19</b>	1 349	2 158 199
<b>ene-20</b>	24	38 116
<b>feb-20</b>	3 359	5 374 564
<b>mar-20</b>	1 843	2 948 872
<b>abr-20</b>	1 505	2 417 375
<b>may-20</b>	1 567	2 292 360
<b>jun-20</b>	1 240	2 192 240
<b>Total</b>	<b>21 383</b>	<b>32 874 980</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM



Gráfica 4.8. Costo vs Consumo del Agua de junio de 2019 – junio de 2020

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

#### 4.4.4. Mantenimiento

Los costos de mantenimiento se dividen en los costos de inspección por emisiones de gases contaminantes de las calderas, tratamientos químicos del agua y combustible, inspecciones del estado operativo del estado de las calderas y finalmente los costos de operación y mano de obra. En la Tabla 4.17 se muestran los costos por emisiones de gases contaminantes, con un valor unitario de 220 000 C\$, estas inspecciones se desarrollan de manera anual debido a la cantidad de calderas, es decir; ocho unidades en total, dos para cada caldera para un costo anual de 1 760 000 C\$. Este tipo de inspección muestra el resultado de las partículas suspendidas totales de los gases dado la combustión de la caldera, así como la temperatura de los gases, exceso de aire, eficiencia entre otros y que se mantengan bajo los rangos establecidos por el Reglamento Sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas y Hornos de Tipo Indirecto (2011).

Tabla 4.17. *Emisiones de Gases Contaminantes*

Cantidad	Costo Unitario (₡)	Costos Mensual (₡)	Costos Anual (₡)
8	220 000	146 667	1 760 000

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

En la Tabla 4.18 se muestra los costos por los tratamientos químicos desarrollados para el agua y el búnker. Estos productos como se observa en la Tabla 4.18 son para la suavización del agua de alimentación a la caldera y evitar las incrustaciones que pueden reducir la eficiencia del sistema y dañarlo. El sistema cuenta con tratamientos externos para el tratamiento del agua como lo son:

1. Filtración (filtros) para retención de partículas sólidas en suspensión.
2. Deaeración por medio de un sistema de la marca Cleaver Brooks para reducir los gases incondensables disueltos en el agua como lo son el O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Se aumenta la temperatura del agua, disminuye la solubilidad del oxígeno, el equipo trabaja a una presión de 10 psi y a una temperatura de 100 °C – 110 °C.
3. Suavización por medio de 2 tanques verticales que internamente contienen resina de intercambio iónico, para atrapar los iones de calcio y magnesio provenientes del agua de acueductos.

La función de estos equipos es disminuir las sales, con esto se reduce la cantidad de químicos anti incrustantes que se le aplica a las calderas como tal. Ahora bien los tratamientos químicos son las medidas internas para el tratamiento del agua, anticorrosivo para las calderas y circuito de alimentación y otra parte para las tuberías de retorno de condensados. Los antiincrustantes se dividen en dos productos: los fosfatos que reaccionan con el calcio y magnesio que no retuvo el suavizador, y un polímero que reacciona con los sólidos, los dispersa para que no se aglomeran y se mantienen disueltos en el agua de la caldera. Estos productos se aplican constantemente por medio de una bomba dosificadora, se dosifican alrededor de 180 litros cada 24 horas con una solución de acuerdo a los requerimientos del hospital. Los costos mensuales totales del uso de estos productos químicos tienen un valor de 1 527 903, 39 ₡ como se observa en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18. *Tratamientos químicos del agua y combustible*

Rubro	Cantidad	Costos Mensual (\$)	Costos Anual (\$)	Costos Mensual (₡)	Costos Anual (₡)
Productos Químicos Búnker	12	465,50	5 586,00	280 994,42	3 371 933,04
Productos Químicos H2O	12	1 511,58	18 138,96	912 450,15	10 949 401,81
Productos Químicos Suavizantes	12	79,00	948,00	47 687,56	572 250,72
Reactivos análisis diarios	12	295,07	3 540,84	178 116,05	2 137 392,66
Sal en Preparación según condiciones cartelarias	12	180,00	2 160,00	108 655,20	1 303 862,40
<b>Total</b>		<b>2 531,15</b>	<b>30 373,80</b>	<b>1 527 903,39</b>	<b>18 334 840,63</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

Nota: En la Tabla 4.18 se muestran valores en colones y dólares dado que los informes consultados se encontraban en dólares pero para realizar la sumatoria de los costo totales se hizo la conversión a colones.

Cabe mencionar que la empresa que realiza el proceso de los tratamientos químicos es Vapensa. Ellos proveen los químicos y las disoluciones según la necesidad, además de realizar tres visitas mensuales de soporte técnico para la verificación de la calidad del agua por medio de análisis químicos.

En la Tabla 4.19 se muestra las inspecciones realizadas del estado operativo de las calderas. Esta inspección se desarrolla de manera anual según todos los requerimientos del capítulo sexto de inspecciones y capítulo séptimo de las pruebas realizadas del Reglamentos de Calderas (2001). Cada una de estas inspecciones se desarrollan para cada una de las calderas, así como inspección de ultrasonido para estado estructural del cuerpo de presión de la caldera, termografía para determinar de puntos de mejora y reinspecciones anuales como parte de un protocolo de mejora y rendimiento del sistema. Los costos mensuales de estas inspecciones dan un total de 275 000 ₡.

Tabla 4.19. *Inspecciones del estado operativo de las calderas*

Rubro	Cantidad	Costo Unitario (₡)	Costos Mensual (₡)	Costos Anual (₡)
Inspección Anual	4	300 000	100 000	1 200 000
Ultrasonido	4	350 000	116 666,67	1 400 000
Termografías	4	25 000	8 333,33	100 000
Reinspección	4	150 000	50 000	600 000
<b>Total</b>		<b>825 000</b>	<b>275 000</b>	<b>3 300 000</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

Finalmente, en la Tabla 4.20 se observan los costos de mano de obra. Estos costos se dividen en los salarios de los empleados. La planta trabaja tres turnos diarios de ocho horas, cinco días a la semana y en cada turno trabaja un supervisor de calderas y dos técnicos. En la Tabla 4.20 se muestran los costos de la hora base de los empleados. Los costos mensuales totales se obtienen de multiplicar las horas laboradas, el valor de la hora, cinco días, durante un mes que tiene como base cinco semanas, todo esto multiplicado por los tres turnos de los demás empleados. Los costos mensuales de mantenimiento dan un total de 1 456 600 ¢.

Tabla 4.20. *Operación y Mano de obra*

Rubro	Horas laboradas	Costo Hora (¢)	Dias trabajados	Costo Mensual (¢)
<b>Supervisor</b>	8	2 980	5	596 000
<b>Técnico</b>	8	2 242	5	448 400
<b>Técnico</b>	8	2 061	5	412 200
<b>Total</b>				<b>1 456 600</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, datos según DIM

Con la suma de cada uno de estos costos se obtienen los costos totales de mantenimiento que son de 6 319 370, 05 ¢ mensuales como se muestra en la Tabla 4.21. Los costos de materiales no se toman en consideración dado que, no se tiene un registro ordenado de estos.

Tabla 4.21. *Costos Totales de Mantenimiento*

<b>Costos de Mantenimiento</b>		
Rubro	Costo Mensual (¢)	Costo Anual (¢)
<b>Emisiones de Gases</b>	146 666,67	1 760 000
<b>Tratamientos Químicos</b>	1 527 903,39	18 334 840,63
<b>Inspecciones de Calderas</b>	275 000	3 300 000
<b>Mano de Obra</b>	4 369 800	52 437 600
<b>Total</b>	<b>6 319 370,05</b>	<b>75 832 440,63</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

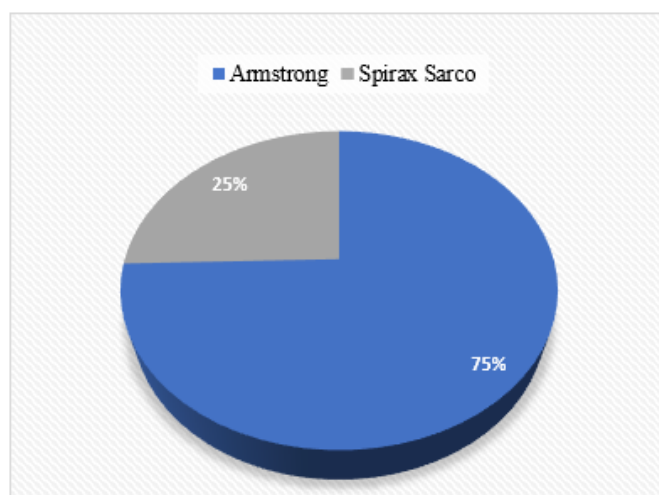
Nota: En los costos de mano de obra de la tabla 4.20 se muestran los valores de un turno de trabajadores pero en la tabla 4.21 se muestran los valores de los tres turnos laborados diariamente.

#### 4.5. INSPECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR

Para el desarrollo de las inspecciones de las trampas de vapor, se utilizaron el método visual y el método termográfico. Como se mencionaba en las secciones anteriores el número de trampas de vapor dentro del sistema no se tiene contabilizado ni etiquetado, en total se inspeccionaron un total de 55 trampas. En la sección de Anexos, Tabla 12.1 se encuentra la tabla resumen con las características generales, como, por ejemplo, unidad a la que pertenecen, marca, modelo, tipo de trampa, modo de operación, estado (carga normal o carga ligera), así como su presión de entrada.

La Gráfica 4.9 muestra la cantidad de trampas de vapor analizadas según su marca. La marca Armstrong representa un 75% de un 100%, el cual corresponde a 41 unidades en total. Desde el año de su instalación en el 2016, en la planta de calderas del HSJD se han cambiado la mayoría de las trampas por la marca Armstrong. Por otra parte, la marca Spirax Sarco representa un 25% del 100%, la cual representa un total de 14 unidades.

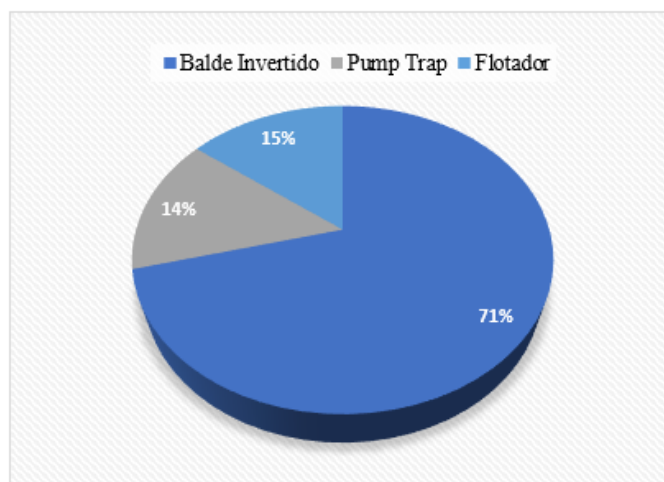
Las trampas Spirax Sarco se ubican en el retorno de condensados de cada uno de los tanques de agua caliente, áreas como neurología, oncología, rehabilitación y edificio de medicina, así como en la zona de calderas. Las trampas Armstrong se ubican en las demás áreas y sistemas de distribución como, por ejemplo, nutrición, laboratorio clínico, centro de equipos y manifold.



Gráfica 4.9. Distribución de trampas de vapor por Marca

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

En la Gráfica 4.10 se observa la distribución de las trampas de vapor según su tipo de funcionamiento; es decir, cómo operan o trabajan para drenar el condensado. El 71% del 100% son de balde invertido (39 unidades). Con anterioridad en la planta se tenían trampas de tipo termostáticas pero tenían averías; sin embargo, se decidió cambiar por balde invertido de la marca Armstrong, por el sistema que ofrece para drenado de condensado y más ahorro de energía para bajar los costos de instalación y reemplazo. Un 15% del 100% corresponden a pump trap, aunque como tal este tipo de equipo no pertenece a las trampas convencionales, se agrega por el hecho de que recuperan y drenan el condensado. Estas unidades corresponden a un total de 8, ubicadas en las zonas de neurología, oncología, edificio de medicina y laboratorio clínico. Finalmente un 14% del 100% total, que representan 8 unidades de tipo flotador. En la sección de Apéndices se muestra la tabla de los modos de operación de las trampas de balde invertido, el cual es intermitente al momento de drenar condensado mientras que para trampas de tipo flotador es continuo.



*Gráfica 4.10.* Distribución de trampas de vapor por tipo de funcionamiento

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

### 4.5.1. Inspección Visual

El proceso de inspección visual se hizo con la supervisión y acompañamiento de uno de los técnicos de la planta, además de que este método se realizó de manera simultánea con el de cámara termográfica. El proceso inicia con la identificación de la trampa, verificación del manómetro de la línea de alimentación, que reporte un funcionamiento en el rango de presión establecido como normal. Posteriormente, se comprueba flujo de vapor en la línea con apertura de válvulas y, seguidamente, se realizó la descarga de vapor a la atmósfera de las trampas para distinguir si opera correctamente.



*Figura 4.12.* Trampa de vapor de Balde Invertido Estación de Trampeo con vapor *flash*

Fuente: Propia

En la Figura 4.12 se observa la descarga de vapor a la atmósfera de una trampa de vapor del área de nutrición. Se observa el vapor *flash*, que indica que la trampa opera con normalidad. Un problema presente durante los días de inspección fue que no se pudo realizar la apertura a la atmósfera de cada una de las trampas analizadas, por su ubicación y por motivos de tiempo. De un total de 12 trampas analizadas por este método — ubicadas en el área de nutrición, centro de equipos y laboratorio clínico —, el 100% reportó un funcionamiento correcto. Una desventaja de este método es que la constante descarga de vapor a la atmósfera genera pérdidas energéticas y económicas considerables. En la sección



de Anexos, la Tabla 12.1 muestra las trampas a las que se le realizó inspección visual y el área donde se ubicaban.

#### 4.5.2. Cámara Termográfica

Para la realización del método de inspección por medio de la cámara termográfica, se utilizó el modelo de cámara FLIR B40 como se muestra en la Figura 3.8. Esta cámara tiene una exactitud de temperatura de  $\pm 2$  °C, una sensibilidad térmica de  $<0,1$ °C a 25°C y puede medir tanto en grados Celsius como en Fahrenheit. Esta inspección se realizó a un total de 55 trampas de vapor. Se inspeccionaron 26 unidades el martes 29 de septiembre del 2020 y 29 unidades el viernes 2 de octubre. Como parte del estudio para cada una de las unidades se realizaron 6 mediciones, en los horarios pico de la mañana según la Tabla 4.6.

Para el estudio de estas trampas de vapor se realizó una muestra poblacional, para de este modo determinar si las mediciones realizadas son confiables y aceptables. Se utilizó variable cuantitativa para estimación de promedios con siguiente ecuación.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{E^2}$$

*Ecuación 4.3.* Muestra poblacional con variable cuantitativa

Fuente: Elaboración propia

Donde:

n: Cantidad de muestras

Z: Confianza

$\sigma$ : Desviación Estándar

E: Porcentaje de Error

Con la Ecuación 4.4 se realiza la muestra poblacional para cada una de las trampas de vapor y este estudio estadístico determina si se necesitan realizar más mediciones. El resultado obtenido de la muestra poblacional sería las cantidades de muestras totales que se deben realizar. Así mismo la confianza es un valor que generalmente ronda un 95% y este valor equivale a un  $Z = 1,96$ . Por otra parte, el porcentaje de error fue de  $\pm 5$  °C, según criterio

de experto. Ahora bien, para obtener la desviación estándar se da por medio de la siguiente ecuación.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

*Ecuación 4.4.* Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

Donde:

X: Variable

$\bar{X}$  : Media de la variable X

$x_i$ : Muestra número i de la variable X.

N: Número de muestras.

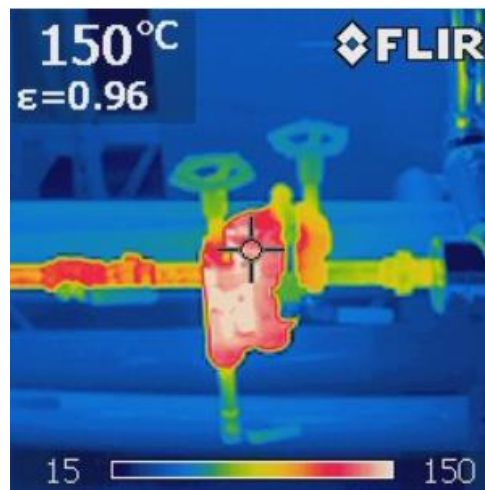
En la sección de Anexos, la Tabla 12.2 muestra que el resultado de la muestra poblacional de la temperatura de las trampas de vapor. Con un resultado máximo de 6 muestras máximas, por lo cual la medición es confiable y aceptable. Este estudio estadístico se corroboró con el uso del software Minitab 19, aceptan el resultado realizado con las Ecuaciones 4.3 y 4.4.

Del proceso de inspección por medio de la cámara termográfica, se puede afirmar que la temperatura de entrada de la trampa no puede ser igual a la temperatura de salida. Bajo ciertas condiciones pueden llegar a ser muy parecidas, pero no iguales. Además, la temperatura debe ser medida siempre en la entrada de la trampa, porque la temperatura del lado de la tubería de salida o descarga siempre varía, dependiendo de la presión y otros factores.

### **Operando con normalidad**

En la Figura 4.13 se puede observar el correcto funcionamiento de una trampa de balde invertido, en la parte inferior de la imagen se aprecia la escala de temperatura, en la tubería de entrada (lado izquierdo) se encuentra una temperatura mayor (zona color rojo) y en la tubería de salida (zona color verde) una temperatura menor. Aquí se puede observar la

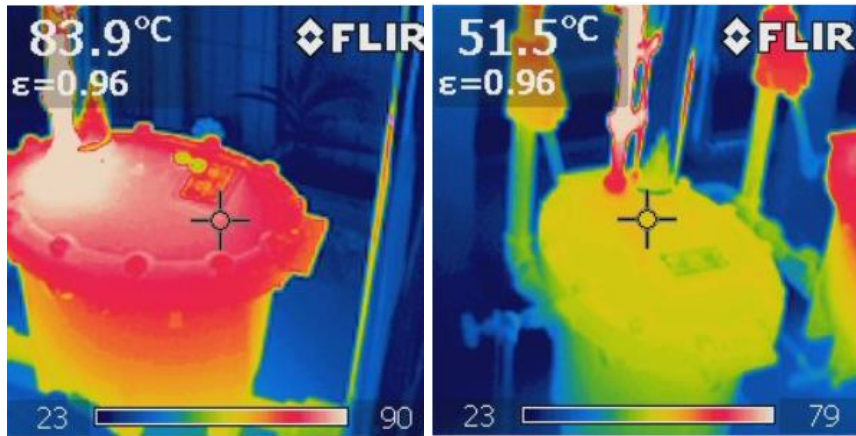
diferencia entre vapor vivo y condensado. Esta figura se puede tomar como referencia para la inspección de las trampas de vapor.



*Figura 4.13.* Trampa de vapor tipo Balde Invertido operando correctamente

Fuente: Propia

En la Figura 4.14 se muestra un pump trap abierto (izquierda) y cerrado (derecha). Por medio de la escala de temperatura en la parte superior (chequear con siguiente comentario) se apreció una zona a mayor temperatura (zona de color rojo intenso) que concuerda con un correcto funcionamiento de la pump trap en estado de abertura. Este funcionamiento correcto se concretó con el descenso de la temperatura en su salida (zona de color amarillo) una temperatura menor dado que es la tubería de retorno. Al lado derecho se muestra una pump trap en su estado de cierre, es decir; fuera de operación, se aprecia la tubería de entrada (zona de color rojo), su cuerpo se muestra con una temperatura menor (zona de color verde) dado su tonalidad según la escala y en la parte inferior de la imagen una tonalidad casi a temperatura ambiente de la tubería de salida.

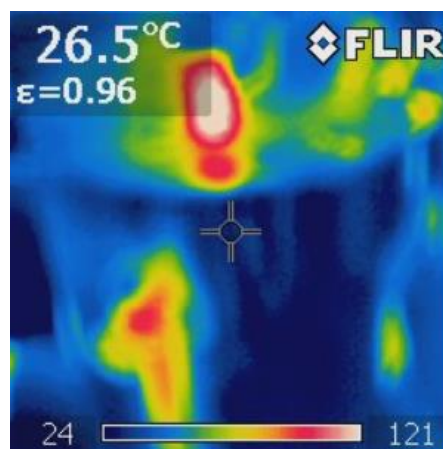


*Figura 4.14. Pump trap abierta contra pump trap cerrada, área de oncología*

Fuente: Propia

### **Inoperancia**

En la Figura 4.15 se muestra una pump trap donde la temperatura es significativamente baja y la aplicación está “en servicio”; es decir, que está descargando condensado, esto se debe a su capacidad de descarga es insuficiente o una trampa bloqueada, además la pump trap no reporta datos de presión correctos, sino por debajo de su funcionamiento esperado. Estas pump trap de la Figura 4.14 son de las unidades más antiguas que siguen en operación sin descargar el condensado en el sistema y se encuentran en el área de nutrición. Por ende, el resultado final es que están en inoperancia, lo que se le conoce como muertas y deben de ser reemplazadas.



*Figura 4.15. Pump trap abierta, área de nutrición*

Fuente: Propia

## Problemas de operación

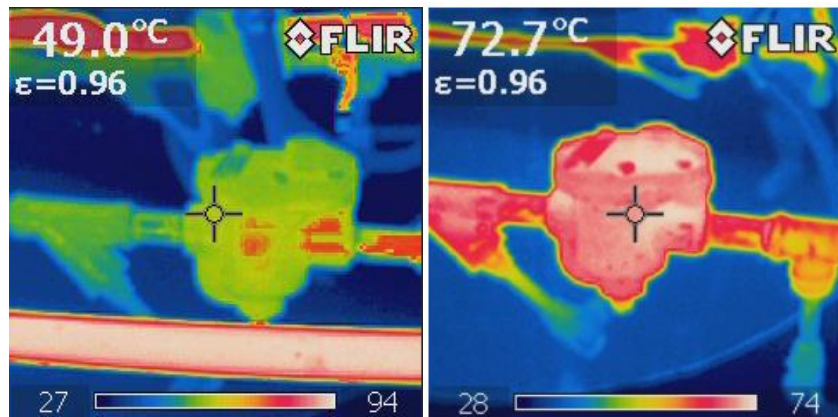


Figura 4.16. Trampas 849, área de calderas

Fuente: Propia

Como se ha dicho con anterioridad, la temperatura puede ser muy útil cuando se trata de determinar si la trampa está bloqueada (fría) o su capacidad de descargar es insuficiente, esto se debe a que estos problemas provocan que el condensado se estanque y disminuya la temperatura de la trampa. En la Figura 4.16, la imagen del lado derecho se observa una temperatura baja con respecto a la imagen de la izquierda, las cuales tienen la misma aplicación en el área de calderas y ambas se encuentran en estado de servicio; es decir, operando para descarga de condensado, por ende, la trampa de la izquierda está bloqueada.

En la imagen del lado izquierdo se muestra la tubería de entrada en la parte inferior (zona roja) a una alta temperatura, pero llegando a la trampa su tonalidad disminuye y se muestra igual que en su salida. La baja lectura indica que una trampa está subdimensionada, orificio incorrecto para la presión de operación, una trampa o filtro bloqueados como se mencionó que no descargar o que su presión diferencial negativa conocida como *stall*. La condición *stall* quiere decir que la trampa puede estar operando en condiciones idóneas.

La imagen de la derecha muestra cómo la tubería de entrada y la tubería de salida están en una escala de temperatura similar. Este es uno de los inconvenientes que presenta este método para determinar si la trampa está fugando o no condensado, el cual puede llevar a un análisis de trampas erróneas. Con la ayuda del personal técnico, se determinó que el condensado de alta temperatura *flash* llega a un sistema de menor presión, la temperatura del vapor flash es la misma que la temperatura del vapor vivo fugando y no es posible diferenciar

entre uno y otro con solo medir temperatura. Esto puede llevar a reportes incorrectos de las trampas y se pueden causar reemplazos innecesarios de equipos en buenas condiciones.

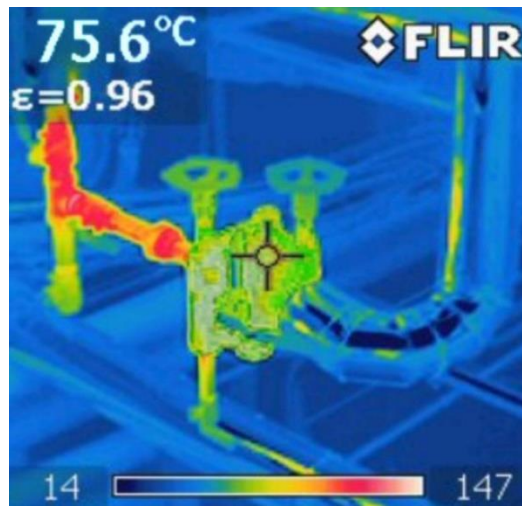


Figura 4.17. Trampa modelo 811, área de centro de equipos

Fuente: Propia

En la Figura 4.17 se muestra como en la tubería de entrada el reporte de temperatura fue de 147 °C, sobre el cuerpo de la trampa fue de 75, 6 °C, presenta un delta de temperatura de 71, 4 °C entre el vapor vivo y el condensado. Al momento de la inspección, el sistema del centro de equipos estaba en operación, lo que indica que la trampa puede estar bloqueada. Se puede notar en la totalidad de su cuerpo un color verde, a la mitad de la escala de temperatura de entrada. Comparándolo con la Figura 4.13 que se toma como referencia de una correcta operación de una trampa Armstrong, en esta se encuentra un drenado de condensado con poca capacidad a una temperatura baja.

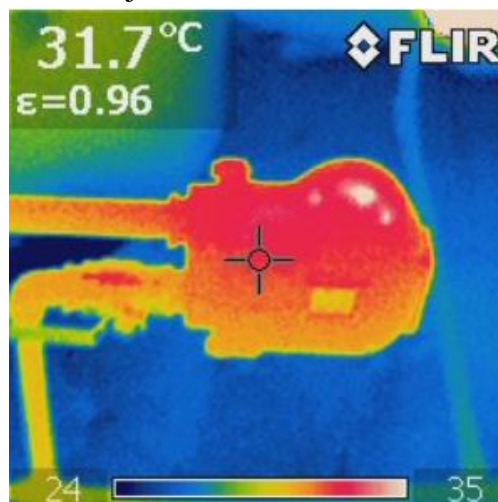
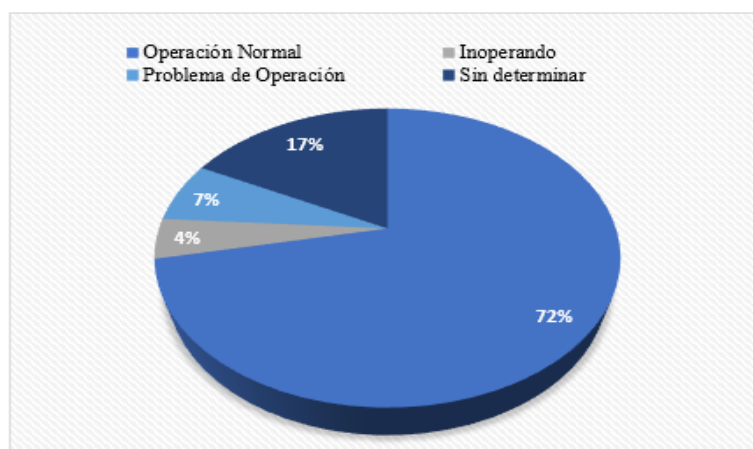


Figura 4.18. Trampa de vapor en mantenimiento, área de oncología

Fuente: Propia

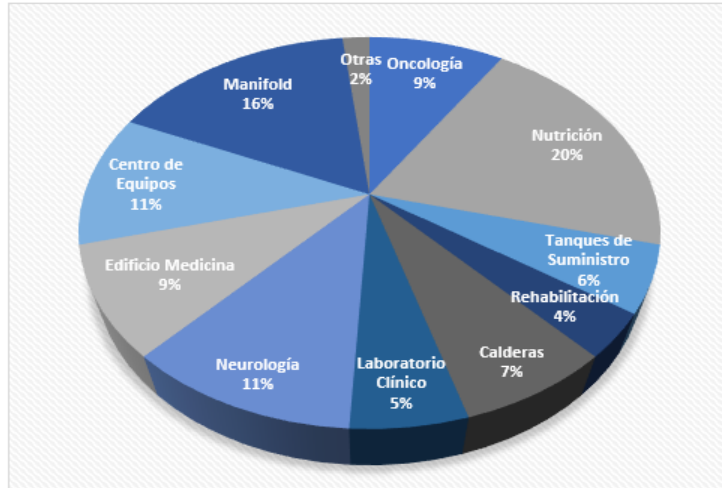
En la Figura 4.18 se muestra una trampa de vapor en servicio, dadas las condiciones anteriormente mencionadas respecto a la inspección térmica no fue posible determinar su funcionamiento por el método térmico, pero por análisis de los técnicos, detectaron que esta unidad no estaba drenando el condensado de manera correcta. Una particularidad fue su baja temperatura de 31,7 °C, aunque su tonalidad roja indique que está operando, además de que la tubería de entrada si reporta la presión correcta y vapor vivo al momento de descargar a la atmósfera. Al momento de realizar el análisis la trampa se encontraba en reparación, además al ser una trampa de tipo flotador y su drenaje es continuo, dificulta la medición de temperatura.

En la gráfica 4.11 se muestran los resultados de la inspección realizada a las 55 trampas de vapor mediante la inspección visual y de cámara termográfica, en el cual un 72%, es decir; 33 unidades operando bajo condiciones normales, dado las lecturas de presión y temperatura son idóneas. Un 17% corresponden a 8 unidades que no se pudo determinar su correcta operación por el método térmico, ya que las lecturas de temperatura sobre las tuberías de entrada y salida presentaban temperaturas similares. Y un 7%, es decir; 3 unidades que se reportaron con problemas de operación, ya que no están operando de manera correcta y, por ende, no drenan el vapor. Esto se puede deber a que estén bloqueadas, su capacidad de drenar vapor es insuficiente, estén subdimensionadas o tienen un orificio de drenado incorrecto. Finalmente un 4% que se encuentran en inoperancia; es decir, 2 pump trap que están muertas y deben de reemplazarse, ya que ese equipo no está drenando el condensado.



Gráfica 4.11. Resultados de operación de las trampas de vapor según la inspección térmica y visual

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020



Gráfica 4.12. Distribución de las trampas de vapor por área

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

Tabla 4.22. Resultados de las trampas defectuosas encontradas en la inspección

Código	Zona	Marca	Estado	Reporte
NU-BI-01-03-OA	Nutrición	-	Abierto	Inoperante
NU-BI-01-04-OA	Nutrición	-	Abierto	Inoperante
ON-BI-01-04-OA	Oncología	Spirax Sarco	Abierto	Trampa Caliente y sin descarga
CE-BI-01-06-OA	Centro de Equipos	Armstrong	Abierto	Trampa Fría y sin descarga
CA-BI-01-03-OA	Calderas	Spirax Sarco	Abierto	Trampa Fría y sin descarga

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

La Tabla 4.22 muestra un resumen de cada una de las trampas defectuosas de la zona o área de ubicación en el sistema, la marca y su estado de operación, que además se encontraban en servicio. Cabe mencionar que, durante la realización del análisis, se pueden presentar variables que afecten la medida, como la operación de los equipos de demanda que si no operan no generan vapor y por ende no hay condensado que drenar para las trampas. Esto quiere decir que la unidad se encuentra a baja temperatura y no genera drenado, por ende, no hay circulación de fluido y no hay trampeo.



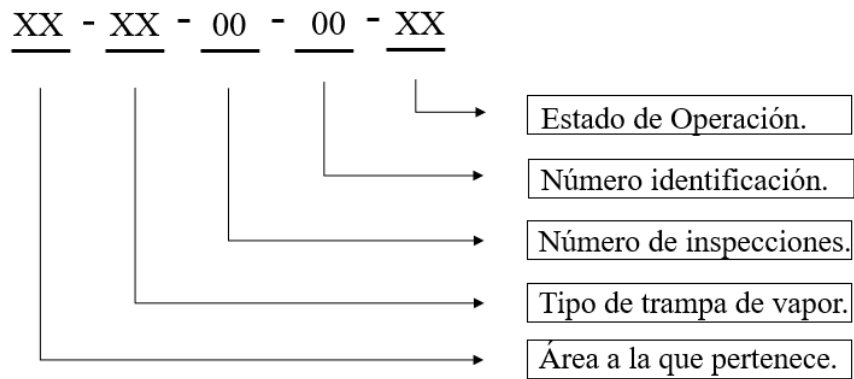


Figura 4.19. Codificación para inspecciones de trampas

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Power Point 2020

Tabla 4.23. Resumen de las categorías del etiquetado para inspección de las trampas

Área	Código	Tipo de Trampa	Código	Estado de operación	Código
Rehabilitación	RE	Balde Invertido	BI	Abierta	OA
Nutrición	NU	Flotador Termostático	FT	Cerrada	OC
Salas de Operaciones	SO	Termodinámica	TE		
Centro de Equipos	CE	Termostático Presión Balanceada	TP		
Neurología	NE	Disco Controlado	DC		
Oncología	ON	Pump Trap	PT		
Laboratorio Clínico	LC				
Lavandería	LA				
Manifold de Distribución	MD				
Calderas	CA				
Tanques de Suministro	TS				
Edificio de Medicina	EM				
No determinado	ND				

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

#### **4.6. VIDA ÚTIL**

El proceso de análisis de la vida útil de los equipos que componen la red de vapor es de suma importancia para la gestión porque de esta manera se permite disminuir pérdidas y optimizar el rendimiento energético. Esta sección examina el período de utilidad de las calderas y de las trampas de vapor del sistema.

La vida útil de una caldera es muy variable dado que depende de factores como los niveles de presión adecuado, estado interno y externo del equipo, protección contra agentes extraños, estado del sistema de distribución, calidad del agua de alimentación, temperatura interna, conexiones que limitan el período de utilidad de la unidad. El buen mantenimiento es un factor muy importante para mantener el estado interno y externo de la caldera en óptimas condiciones, lo que puede mantener la vida útil de la caldera incluso alargarla, dado que si no se realiza de manera adecuada bajo los lineamientos legales comenzará a deteriorarse de manera inmediata.

Generalmente las calderas con buenas prácticas de mantenimiento pueden llegar fácilmente a los 15 años y, si se realizan inspecciones y mejores cuidados pueden llegar a los 20 o más años. Otro factor importante es el agua de alimentación, al no tener el debido tratamiento químico genera partículas sólidas en el interior de la caldera que se precipitarán y generarán corrosión e incrustaciones internas, lo que a su vez disminuirá la eficiencia y comprometerá el estado interno de la caldera.

Ahora bien, con las calderas del sistema en análisis, como se mencionó en las secciones anteriores, es nuevo con un periodo de uso de 5 años. Con respecto a los factores que afectan la vida útil, estos equipos reciben la inspección anual según el reglamento de calderas que autoriza el permiso de funcionamiento al departamento después de la revisión del inspector a cargo. La inspección anual abarca una revisión ocular de las partes externas, una prueba hidrostática y una prueba de vapor y de los sistemas de seguridad, para determinar el buen funcionamiento de la caldera, el principal objetivo de esta inspección es salvaguardar la seguridad del personal o usuario del sistema, así como la protección contra pérdidas o daños de las calderas a causa de corrosión, o incrustación contra condiciones inseguras de operación.

En la planta de calderas se realizan inspecciones semestrales aparte de lo establecido por el reglamento para tener una correcta operación del sistema. Los tratamientos químicos que se le realizan al agua de alimentación, los cuales se mencionan en la Sección 4.4, establecen la calidad con la que ingresa al sistema y que no afecten el estado interno del sistema para realizar la combustión. Analizando estos puntos se observa que al sistema se le realizan los respectivos mantenimientos para mantener en óptimas condiciones el estado interno y externo de las calderas. Además, el fabricante de calderas Cleaver Brooks establece un periodo de vida de 15 años, que con las buenas prácticas se puede alargar a 20 años. Cabe mencionar que una caldera antigua puede seguir funcionando con normalidad después de su período de vida útil y obteniendo el permiso legal de operación, pero su eficiencia se va a ver afectada.

Las trampas de vapor son equipos que cumplen la función de remover aire y CO<sub>2</sub> para evitar bloqueos de flujo de calor; además de drenar condensado del sistema de distribución y de las unidades de consumo para reenviarlo al sistema de alimentación y proveer agua de alimentación a una temperatura alta. El condensado dentro del sistema puede generar choque térmico (golpes de ariete) que puede dañar el sistema; por ende, la trampa es una unidad que tiene que estar bien diseñada para que cumpla su función correctamente y alargar la vida del sistema en general, ya que es esencial para la optimización del proceso.

Las trampas de vapor deben ofrecer las siguientes funciones:

- a) Pérdidas mínimas de vapor ya que se generan costos económicos al tener fugas.
- b) Resistencia a la corrosión para que no sufran los efectos de los ácidos y oxígeno de los condensados
- c) Ventear aire y CO<sub>2</sub> para tener una buena transferencia de calor, evitar bloqueos en las líneas y enfriados.
- d) Funcionar contrapresión, ya que por errores de diseño o malfuncionamiento en el sistema puede dañarse.
- e) Libres de problemas de suciedad; esto es un problema que siempre existirá dado que el condensado está contaminado de suciedad y sarro de las tuberías, aun cuando el sistema tenga filtros.

Al saber la funcionalidad de la trampa, se determina que son sistemas que deben brindar una seguridad al desgaste de sus partes, esto para que pueda ahorrar dinero y minimizar la necesidad de pruebas, reparaciones, limpieza, interrupción de servicio o cualquier otro inconveniente. Cuando una trampa no ofrezca las funciones mencionadas genera una menor eficiencia y un incremento de los costos, así mismo al cumplir con las funciones logra una buena transferencia, temperaturas máximas, funcionamiento a capacidades máximas, ahorro energético, reducción de la mano de obra y una vida en servicio larga sin problemas y con el mínimo de mantenimiento.

Ahora bien, con respecto a las trampas de sistema del HSJD, un punto importante para el cumplimiento de sus funciones y de largos períodos de utilidad es la selección de la trampa para la función requerida, los modelos con los que cuenta actualmente son: el modelo 811 de Armstrong, el cual predomina en el sistema, el modelo 849 de Spirax Sarco de balde invertido y el modelo FT 43V de Spirax Sarco de tipo flotador. El modelo de Armstrong es un tipo de trampa es de las más eficientes para modos de operación intermitente y que funcionan en condiciones excelentes, con problemas de ventear aire a presiones bajas, dado su material del cuerpo hierro fundido y su funcionalidad tiene un periodo de utilidad prolongado con correctos planes de mantenimiento. Sus aplicaciones son tuberías principales, venas de vapor, cabezal, intercambiadores (presión constante), y calentadores de proceso (presión constante). El modelo 849 de Spirax Sarco de balde invertido es funcional para sistemas con presiones de 5 a 50 psi, resistentes a la corrosión, hecho de hierro y que tiene periodos de utilidad promedios bajo los parámetros de operación.

Finalmente, el último tipo de trampa es el modelo FT 43V de Spirax Sarco de tipo flotador para aplicaciones con presión variable como calentadores de aire de proceso, máquinas de absorción de vapor, unidades de calentamiento con modos de operación continuo. Este modelo es el más grande de los presentes y el que mayor condensado puede drenar, su funcionalidad es buena con deficiencias en resistencia hidráulica, resistencia a daños por congelamiento y suciedad en el sistema; su periodo de utilidad es prolongado. Dentro del análisis se puede determinar la confianza que da la operación de las trampas, pero es de vital importancia la revisión y correcto mantenimiento de sus partes y estado de operación para la optimización del sistema.

## 5. CAPÍTULO V EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VAPOR

### 5.1. GENERALIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

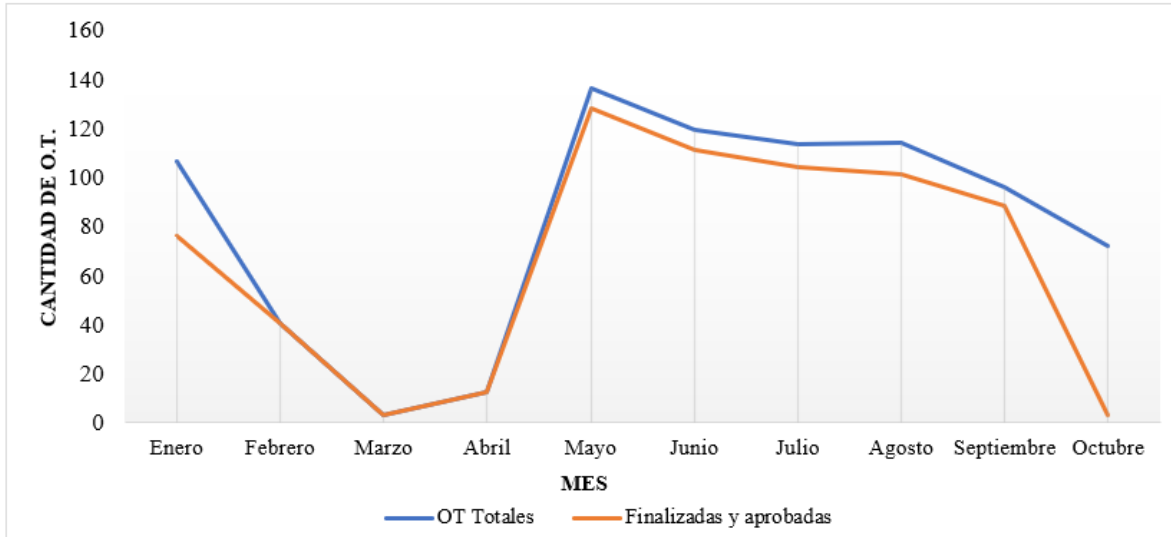
Se examinará de manera interna y externa el plan de mantenimiento desarrollado en planta de calderas. El primero que se examinará será el mantenimiento interno, como ya se ha mencionado anteriormente la jerarquía de la planta, el encargado principal es el coordinador, seguido por los supervisores u operarios y finalmente los técnicos. El rol del coordinador es administrativo-técnico, es el comunicador de todo lo sucedido con gerencia y monitorear el trabajo en planta. Todos los jueves de cada semana se realiza una reunión para el control de las tareas correctivas y el mantenimiento preventivo desarrollado en las calderas por parte de los operarios de turno. Como parte del mantenimiento rutinario se trata de desarrollar una inspección al sistema de distribución en un período de tiempo establecido, el cual puede variar según demanda de tareas.

En cuanto al mantenimiento externo, se realiza por medio de la plataforma SOCO (Sistema de Operación, Control de Mantenimiento), por medio del cual se desarrollan las órdenes de trabajo de cada una de las áreas del hospital y se distribuyen al DIM según el departamento que corresponda. A continuación, se muestra el historial del presente año en órdenes de trabajo para el departamento de calderas.

Tabla 5.1. Órdenes de Trabajo Departamento de Calderas 2020

Mes	Totales	Asignada	Finalizado y aprobado	Finalizado y no aprobado	Material autorizado	Pendiente	Personal Asignado	Rechazado
<b>Enero</b>	106	27	76				3	
<b>Febrero</b>	40		40					
<b>Marzo</b>	3		3					
<b>Abril</b>	12		12					
<b>Mayo</b>	136		128		1	5	2	
<b>Junio</b>	119		111		4	3	1	
<b>Julio</b>	113	8	104				1	
<b>Agosto</b>	114	9	101		1	3		
<b>Septiembre</b>	96	4	88		1		3	
<b>Octubre</b>	72	6	3	56		2	5	

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020, DIM



Gráfica 5.1. Órdenes de Trabajo 2020, área de calderas.

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020, DIM

En la Gráfica 5.1 se observan las órdenes de trabajo para el departamento de calderas, en línea azul la tendencia de órdenes de trabajo totales solicitadas, que son muy fluctuantes en varios meses debido a que la plataforma SOCO. SOCO es un sistema de registros que se está implementando desde hace poco, donde se lleva contabilizado los trabajo realizados por parte del personal, distribución de los recursos y asegurar el mantenimiento preventivo y correctivo de su patrimonio.

La línea de color naranja presenta las órdenes finalizadas y aprobadas por parte del personal de calderas. Cabe mencionar que, aunque se mantiene un porcentaje alto de las órdenes totales solicitadas, en su mayoría son de operabilidad de la caldera que se generan a lo interno. La cantidad de órdenes generadas por las áreas del hospital al departamento de calderas son relativamente pocas, en comparación con las demás áreas del hospital como nutrición, oncología etc. Una de las complicaciones que sucede en el departamento, es la falta de personal, lo cual genera que las órdenes en ocasiones se aplacen o se realicen por prioridad.

## 5.2. CÁLCULO DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN VAPOR

En la Sección 4.3 se describe cada uno de los costos para la producción de vapor, que son la base para el cálculo total del costo mensual y diario del último año.

Tabla 5.2. *Costos mensuales y diarios de la producción vapor de junio de 2019 - junio de 2020*

Mes	Agua (₡)	Combustible (₡)	Demanda Eléctrica (₡)	Mantenimiento (₡)	Total Mensual (₡)	Total Diario (₡)
jun-19	2 200 604	41 505 348,38	3 124 098,50	6 319 370,05	53 149 420,93	1 771 647,36
jul-19	2 013 690	44 237 425,01	992 604,50	6 319 370,05	53 563 089,56	1 727 841,60
ago-19	2 899 396	35 496 044,59	972 553,00	6 319 370,05	45 687 363,65	1 473 785,92
sep-19	1 945 323	34 230 484,74	1 017 103,00	6 319 370,05	43 512 280,79	1 450 409,36
oct-19	2 158 199	29 689 611,59	1 036 546,00	6 319 370,05	39 203 726,65	1 264 636,34
nov-19	4 236 042	29 889 450,11	1 034 786,00	6 319 370,05	41 479 648,17	1 382 654,94
dic-19	2 158 199	29 410 508,83	1 002 494,50	6 319 370,05	38 890 572,38	1 254 534,59
ene-20	38 116	32 851 023,44	1 101 276,00	6 319 370,05	40 309 785,50	1 300 315,66
feb-20	5 374 564	26 491 365,63	1 009 401,50	6 319 370,05	39 194 701,18	1 399 810,76
mar-20	2 948 872	32 497 047,00	1 152 278,00	6 319 370,05	42 917 567,05	1 384 437,65
abr-20	2 417 375	34 724 879,71	1 053 380,50	6 319 370,05	44 515 005,26	1 483 833,51
may-20	2 292 360	21 254 963,19	1 104 423,00	6 319 370,05	30 971 116,24	999 068,27
jun-20	2 192 240	9 646 331,36	1 192 693,50	6 319 370,05	19 350 634,91	645 021,16
<b>Total</b>	<b>32 874 980</b>	<b>401 924 483,59</b>	<b>15 793 638,00</b>	<b>82 151 810,68</b>	<b>532 744 912,27</b>	

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

La Tabla 5.2 muestra el desglose de los costos mensuales para el agua, combustible, mantenimiento y eléctrico. Para este último solo se emplea el rubro de potencia y no de energía, dado que para costos de producción solo se considera lo demandado por la planta. En las columnas finales de la tabla se muestran los costos totales mensuales y diarios para cada uno de los meses del año analizado.

En la Tabla 5.3 se representa un resumen de los datos estadísticos de los costos diarios de producción de vapor, se observa que se presenta un valor fuera de la línea de tendencia presentado en el mes de junio 2020, dado que el costo del combustible para este mes estuvo por debajo de los 100 ₡/litro. El costo del combustible representa un valor mayor al 77% del total para cada mes.

Tabla 5.3. Resumen datos estadísticos de los costos diarios de producción de vapor junio de 2019 – junio de 2020

Mín. Diario (C)	Máx. Diario (C)	Prom. Diario (C)	Desviación Estándar	% Coeficiente de Variación	Varianza
645 021,16	1 771 647,36	1 349 076,70	289 771,01	0,21	83 967 239 573,58

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

En la Tabla 5.4 se muestran los costos unitarios por toneladas de combustible, para obtener las toneladas de combustible, los litros de búnker se pasan a metros cúbicos y por medio de la densidad mínima del búnker, de 951 kg/m<sup>3</sup> como se muestra en la Tabla 4.1. Con esto se obtiene la masa en kilogramos de combustible y de esta manera se convierte a toneladas métricas. Finalmente, el costo de combustible mensual se divide entre las toneladas, para de este modo obtener el valor de C/ton mensual.

Tabla 5.4. Costos unitarios del combustible C/ton

Mes	Combustible (C)	Toneladas	C/ton
<b>jun-19</b>	41 505 348,38	128,16	323 859,10
<b>jul-19</b>	44 237 425,01	136,59	323 859,10
<b>ago-19</b>	35 496 044,59	130,23	272 565,72
<b>sep-19</b>	34 230 484,74	132,32	258 696,11
<b>oct-19</b>	29 689 611,59	114,77	258 696,11
<b>nov-19</b>	29 889 450,11	129,64	230 557,31
<b>dic-19</b>	29 410 508,83	143,38	205 120,93
<b>ene-20</b>	32 851 023,44	160,15	205 120,93
<b>feb-20</b>	26 491 365,63	121,98	217 184,69
<b>mar-20</b>	32 497 047,00	146,50	221 827,70
<b>abr-20</b>	34 724 879,71	195,34	177 762,75
<b>may-20</b>	21 254 963,19	195,70	108 609,61
<b>jun-20</b>	9 646 331,36	98,15	98 277,86

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020



$$C_e = \frac{C_f}{h_{f*} n}$$

*Ecuación 5.1. Fórmula para el costo unitario de energía*

Fuente: (TLV, 2020)

Donde:

Ce = Costo unitario de energía (€/kJ)

Cf = Costo unitario de Combustible (€/ton)

Hf = Valor calorífico del Combustible (valor bajo) (MJ/kg)

n = Eficiencia de la caldera (%)

La Ecuación 5.1 se utilizó para obtener el costo unitario de energía del combustible en €/kJ mensual, como se observa en la Tabla 5.5. El valor de hf se obtiene de la Tabla 4.1, a partir del poder calorífico mínimo y el valor de la eficiencia promedio de la caldera es 85%.

Tabla 5.5. *Costo unitario de energía (€/kJ)*

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

$$C_v = \frac{C_D}{d}$$

*Ecuación 5.2. Costo unitario de vapor*

Fuente: (TLV, 2020)

Donde:

Cv = Costo unitario de vapor (€/kg)

CD = Costo diario de vapor (€)

d = Demanda de vapor diario (kg/h)

Por medio de la Ecuación 5.2 se obtiene el costo unitario mensual de vapor, de la Tabla 5.1 se tienen los costos diarios de vapor para cada mes, por medio de la demanda diaria obtenida en la Tabla 4.6, la cual es de 226 072,31 kg/h se despeja el valor del €/kg de vapor mensual de la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Costo unitario de vapor (€/kg)

Mes	Costo Diario (€)	Costo Vapor (€/kg)	Costo Vapor Predicho (€/kg)	Diferencia (€/kg)
<b>jun-19</b>	1 771 647,36	7,84	7,47	0,37
<b>jul-19</b>	1 727 841,60	7,64	7,23	0,41
<b>ago-19</b>	1 473 785,92	6,52	6,96	0,44
<b>sep-19</b>	1 450 409,36	6,42	6,72	0,30
<b>oct-19</b>	1 264 636,34	5,59	6,45	0,86
<b>nov-19</b>	1 382 654,94	6,12	6,21	0,09
<b>dic-19</b>	1 254 534,59	5,55	5,95	0,40
<b>ene-20</b>	1 300 315,66	5,75	5,70	0,05
<b>feb-20</b>	1 399 810,76	6,19	5,46	0,73
<b>mar-20</b>	1 384 437,65	6,12	5,22	0,90
<b>abr-20</b>	1 483 833,51	6,56	4,95	1,61
<b>may-20</b>	999 068,27	4,42	4,70	0,28
<b>jun-20</b>	645 021,16	2,85	4,44	1,59

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

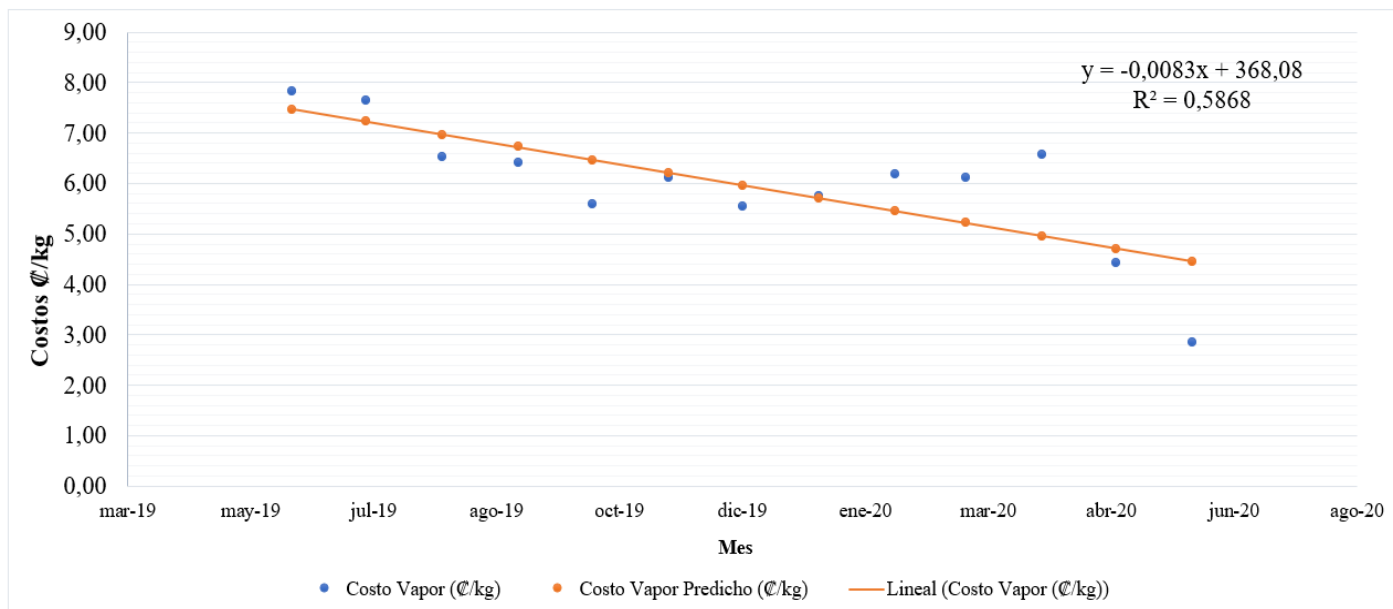
Tabla 5.7. Datos estadísticos de los Costos unitarios de producción de vapor (€/kg)

Mín. Diario (€/kg)	Máx. Diario (€/kg)	Prom. Diario (€/kg)	Desviación Estándar	% Coeficiente de Variación	Varianza
2,85	7,84	5,97	1	21%	1,643

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

La Tabla 5.7 muestra un resumen de los datos estadísticos de los costos unitarios mensuales de producción de vapor, expresados €/kg del último año analizado. Se observa su valor máximo de 7,84 €/kg, mínimo de 2,85 €/kg y promedio de 5,97 €/kg; los valores tienen una tendencia a la baja, dado que los costos del combustible para los últimos meses decrecieron y este monto representa el mayor porcentaje de los costos unitarios de producción de libra de vapor.

## Línea Base

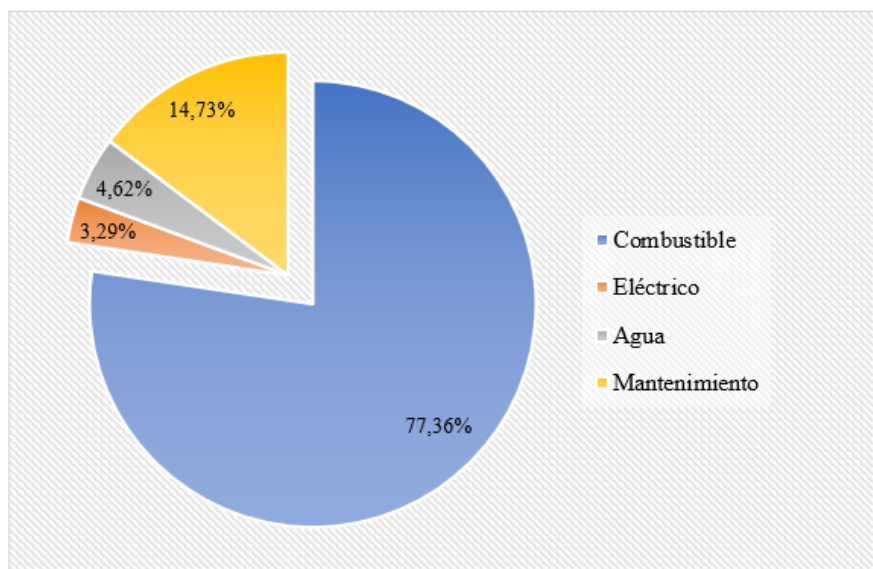


Gráfica 5.2. Línea Base de costos unitarios de producción de vapor

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

Con respecto a la línea de base de los costos unitarios de producción de kilogramo de vapor, en la Gráfica 5.2 se observa la línea de tendencia del último año, con un comportamiento a la baja. La línea de tendencia es el comportamiento esperado de todos los valores que conforman la gráfica de costos, esta presenta un 58% de variabilidad, lo cual es positivo entre más cercano a 100%. En la Tabla 5.7 se puede observar el valor de costos por kilogramo de vapor de cada mes, el valor predicho según la línea base y su diferencia con un valor promedio de 0,62 C/kg en valor absoluto.

La baja tendencia de los valores de producción de vapor se debe a las fluctuaciones presentes en los costos del combustible, que representan un 77,36% según la Gráfica 5.3. Las otras variables son 14,73% los costos de mantenimiento, 4,62% agua y un 3,29% los eléctricos, por ende, la variable más significativa es el combustible y dada la problemática económica que vive el país su variabilidad depende de la estabilidad financiera del gobierno e internacional.



Gráfica 5.3. Porcentajes de los costos de producción de vapor por fuente de energía

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

Según los datos estadísticos de los últimos años de los costos unitarios de producción de vapor de la Tabla 5.8, el coeficiente de varianza toma valores de 27% en el año 2017, 11% en el 2018, un 12% 2019 y un 21% del 2019 al 2020. Estos valores dependen de su variable más relevante, el combustible para establecer rangos aceptables de producción y de este modo proyectar valores a futuro, bajo una línea de tendencia. El búnker presenta una variable difícil de pronosticar, cómo es un costo variable tiene cambios dado el volumen de producción, y su precio es muy fluctuante. Las medidas de ahorro energético son importantes para mantener costos de producción bajo una línea base de tendencia.

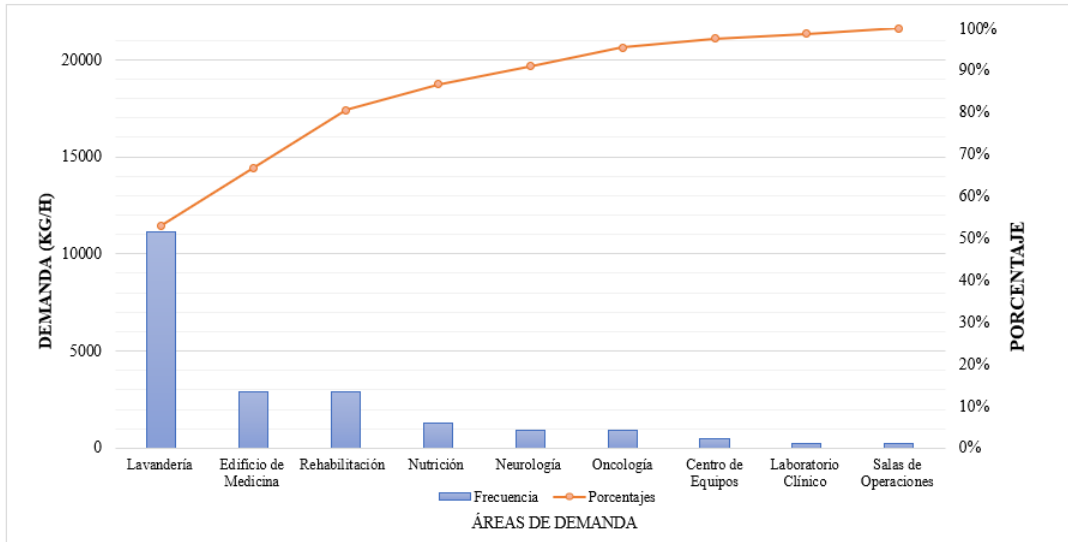
Tabla 5.8. Datos estadísticos de los costos diarios de producción de vapor de 2017 a 2020

Mín. Diario (€)	Máx. Diario (€)	Prom. Diario (€)	Desviación Estándar	% Coeficiente de Variación	Varianza
<b>Datos Estadísticos costos de vapor 2017</b>					
638 985,82	2 164 092,81	1 481 413,43	401 384,27	0,27	161 109 332 176,16
<b>Datos Estadísticos costos de vapor junio 2018</b>					
1 310 789,60	1 763 010,74	1 555 303,42	169 253,16	0,11	28 646 633 729,55
<b>Datos Estadísticos costos de vapor 2019</b>					
1 254 534,59	1 790 387,31	1 540 658,07	189 676,12	0,12	35 977 030 456,22
<b>Datos Estadísticos costos de vapor enero 2017 - junio 2020</b>					
638 985,82	2 164 092,81	1 478 908,09	282 314,37	0,19	79 701 402 065,18

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

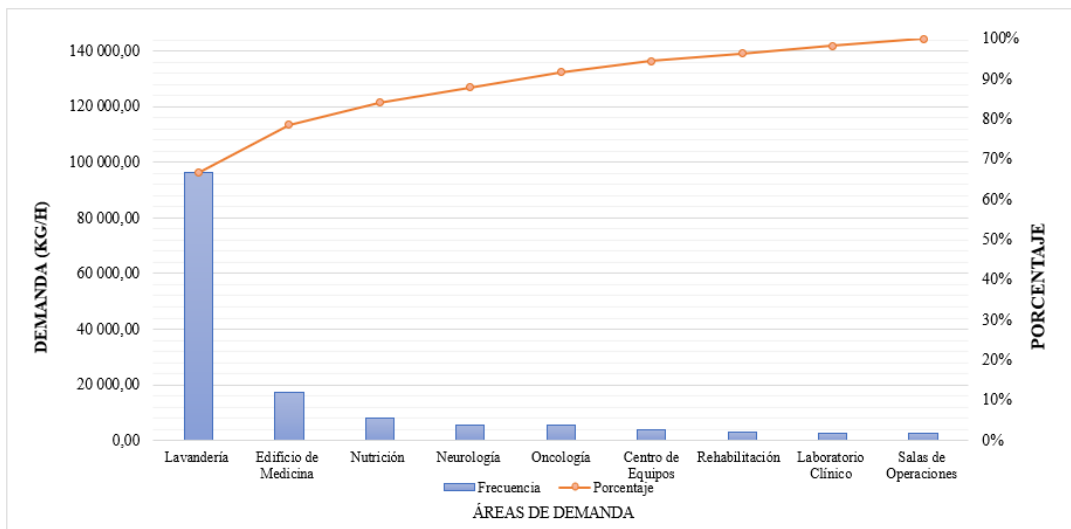
### 5.3. BALANCE DE ENERGÍA

A partir de los costos de producción de vapor se elabora la Tabla 5.9 del balance energético realizado al sistema, con los costos de producción de vapor promedio del último año, así como los costos promedio de combustible y la demanda diaria teórica por cada una de las áreas del complejo hospitalario.



Gráfica 5.4. Diagrama Pareto de la capacidades nominales de demanda de vapor (kg/h) de las áreas del hospital

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020



Gráfica 5.5. Diagrama Pareto de la demanda de vapor diaria (kg/h) de las áreas del hospital

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

En las Gráficas 5.4 y 5.5 se muestra el diagrama Pareto de la demanda de vapor según la capacidad de vapor nominal de los equipos en kg/h. La Gráfica 5.4 muestra los resultados según la demanda teórica para cada uno de los equipos, el 80% de la demanda depende de las áreas de lavandería, rehabilitación y edificio de medicina, dado su capacidad máxima y lo robusto de los equipos que operan en estas áreas. En la Gráfica 5.5 se muestra el diagrama Pareto de la demanda diaria teórica según el horario de consumo de los equipos de la Tabla 4.6, se observa que el 80% del consumo total depende de la lavandería, edificio de medicina, pero a diferencia de la Gráfica 5.4, nutrición genera diariamente más demanda que el área de rehabilitación, dado que este solo opera 2 horas cada día, a pesar de la robustez de su equipo.

Tabla 5.9. *Balace Energético*

Sistema	Equipo	Demanda de vapor kg/día	Demanda de vapor lb/día	Consumo de Búnker l/mes	Porcentaje	Costo Promedio Búnker Colones /mes	Costo Promedio Vapor Colones/mes
<b>Hospital San Juan de Dios</b>							
<b>SubTotal</b>		<b>48 164,7</b>	<b>106 184,9</b>	<b>31 586,41</b>	<b>21,31%</b>	<b>€6 586 927,17</b>	<b>€8 730 873,79</b>
Rehabilitación	Tanques de Agua Caliente	2 875	6 338	1 885,34	1,27%	€393 162,62	€521 131,20
Medicina	Tanques de Agua Caliente	17 249	38 028	11 312,04	7,63%	€2 358 975,74	€3 126 787,19
Nutrición	Marmitas	2 023	4 460	1 326,79	0,89%	€276 684,53	€366 741,22
	Lavavajillas	454	1 000	297,47	0,20%	€62 032,48	€82 223,12
	Tanque de Agua Caliente	5 499	12 123	3 606,28	2,43%	€752 041,47	€996 819,75
Oncología	Tanque de Agua Caliente	5 500	12 125	3 606,73	2,43%	€752 135,83	€996 944,83
Neurología	Tanque de Agua Caliente	5 500	12 125	3 606,73	2,43%	€752 135,83	€996 944,83
Centro de Equipos	Autoclaves	3 865	8 522	2 534,88	1,71%	€528 615,46	€700 671,91
Laboratorio Clínico	Autoclaves	2 642	5 824	1 732,36	1,17%	€361 260,76	€478 845,75
Sala de Operaciones	Autoclaves	2 558	5 640	1 677,80	1,13%	€349 882,47	€463 763,99
<b>Lavandería</b>							
<b>SubTotal</b>		<b>96 267</b>	<b>212 233</b>	<b>63 132,00</b>	<b>42,58%</b>	<b>€13 165 342,40</b>	<b>€17 450 465,12</b>
Lavadoras		61 628	135 865	40 415,29	27,26%	€8 428 074,12	€11 171 286,63
Secadoras		21 822	48 110	14 311,09	9,65%	€2 984 389,12	€3 955 763,30
Planchadoras		12 817	28 257	8 405,61	5,67%	€1 752 879,15	€2 323 415,19
<b>Hospital Nacional de Niños</b>							
<b>SubTotal</b>		<b>41 258,20</b>	<b>90 958,65</b>	<b>27 057,11</b>	<b>18,25%</b>	<b>€5 642 401,40</b>	<b>€7 478 918,96</b>
<b>Hospital Raul Blanco Cervantes</b>							
<b>SubTotal</b>		<b>40 376,52</b>	<b>89 014,87</b>	<b>26 478,90</b>	<b>17,86%</b>	<b>€5 521 824,06</b>	<b>€7 319 095,49</b>
<b>Total</b>		<b>226 072,31</b>	<b>498 403,54</b>	<b>148 258,13</b>	<b>100%</b>	<b>€30 917 267,97</b>	<b>€40 980 377,87</b>

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

#### **5.4. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CONDENSADO EN TRAMPAS**

En la Sección 4.5 se desarrolló el proceso de inspección de las trampas. En esta sección se calcula la pérdida de condensado que se generan en las trampas de vapor del sistema, tanto las que operan con normalidad como las que reportaron defectos en su proceso de drenado de condensado. En el sistema de vapor existe una gran cantidad de trampas que no se lograron inspeccionar, como el trampeo del HNN y HRBC, además diversas trampas faltantes en el sistema principal del HSJD. Existen trampas que son redundantes, son unidades que no están operando por su antigüedad y no se le ha desarrollado mantenimiento y trampas nuevas que fallan por diversos motivos como sobredimensionamiento, carga de vapor no continua, bloqueadas o problemas en las líneas de distribución.

Como no hay registro del control sobre el mantenimiento desarrollado a estas unidades, las que se encuentran defectuosas o con problemas de operación al momento de realizar la inspección, al momento de poner en marcha el proyecto, puedan estar operando correctamente. Las trampas que presentaban problemas podrían aumentar dado que no se tienen registros de reemplazos dentro de los costos fijos que se reportan mensualmente, lo que genera una medida de ahorro energético, por medio de los planes de mantenimiento. Para calcular el grado de desperdicio de condensado que generan las trampas de vapor, varía de una trampa a otra, dado que hay trampas que fallan en un estado abierto de operación, sin embargo, existen trampas que pueden tener fugas considerables y su problema se manifiesta bajo otras condiciones.

Primero para poder saber las pérdidas de condensado correctas se necesita el costo económico de la producción de vapor, calculado en la sección anterior. Segundo la ecuación utilizada para las pérdidas de vapor.

$$P_v = \frac{A_o^2 * P * 3600}{70}$$

Ecuación 5.3. Fórmula de Napier

Fuente: (Armstrong, 1998)

Donde:

Pv = Pérdidas de vapor (lb/h)

Ao = Área del orificio (in<sup>2</sup>)

P = Presión de trabajo (psi)

En la sección de Anexos se muestran las pérdidas de condensado que tendrían cada una de las trampas en caso de que se presente una falla (Tabla 12.3), en la Tabla 5.10 se pueden observar las pérdidas en colones por hora que genera el fallo de estas tres trampas que se encontraron operando con anomalías. El costo económico diario se tomó como valor base del costo promedio del último año de 5,97 ¢/kg de la Tabla 5.7. Para obtener el costo económico se hace una división del costo diario de vapor entre las pérdidas de vapor de las trampas.

Tabla 5.10. Costo económico de las pérdidas de vapor generadas por problemas de operación de las trampas (¢/h)

Número	Código	Presión de Trabajo (psi)	Área del Orificio (in <sup>2</sup> )	Pérdidas de Condensado (lb/h)	Pérdidas de Condensado (kg/h)	Costo Económico (¢/h)
4	ON-BI-01-04-OA	40	2	8532,13	3870,11	¢23 094,73
24	CA-BI-01-03-OA	40	1/2	533,26	241,88	¢1 443,42
55	MD-BI-01-09-OA	40	3/4	1199,83	544,23	¢3 247,70

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020



## 5.5. FODA

La realización del FODA se determinó mediante el capítulo 4 de análisis previo al sistema, el capítulo 5 de evaluación del presente proyecto, el Plan Estratégico 2020-2021, la Política Institucional de Mantenimiento y el Reglamento del Sistema de Gestión de Mantenimiento Institucional.



*Figura 5.1.* FODA del Sistema de Vapor del HSJD

Fuente: Elaboración propia, Canva 2020

## 6. CAPÍTULO VI IMPLEMENTACIONES AL SISTEMA DE VAPOR

---

### 6.1. PLANES DE ACCIÓN PARA LA GESTIÓN DE LAS TRAMPAS DE VAPOR.

Después de desarrollar la etapa de evaluación del sistema, se demostró la importancia de la correcta planeación para la inspección de las trampas de vapor, para de este modo detectar su inoperancia o problemas de funcionamiento para generar la gestión oportuna sobre la línea y evitar pérdidas de condensado, que traerán a su vez pérdidas económicas al sistema, incluyendo el fallo de la trampa. Por lo tanto, con los planes de acción se puede generar una oportunidad de ahorro energético al sistema en cuanto a los kilogramos por hora de condensado retornado y ahorros económicos.

La gestión propuesta para las trampas de vapor se basa en la inspección y diagnóstico. Así mismo en las secciones anteriores el fallo de una trampa significa que no descarga el condensado o el soplo de vapor. Además, la cantidad de condensado que retorna la trampa debe ser proporcional al vapor *flash*, o lo más similar posible para un buen funcionamiento.

Los planes de gestión se dividen en la correcta inspección visual y térmica únicamente, dado que no se cuenta con instrumentos de medición de ultrasonido o acústicos. Con respecto a los problemas que se señalan en el FODA, es la prioridad de tareas para la planta de calderas y la cantidad de personal disponible que dificulta una profunda inspección de las trampas y dado la cantidad de trampas hace más difícil el registro. Por esta razón, los planes se adecúan a una inspección efectiva, con planes de acción para la gestión de los fallos de trampas sin descargar, pérdidas de vapor, flujo continuo, calentamiento lento o problemas no detectados. En la sección de Anexos, en las Tablas 12.4, 12.5 y 12.6, se encuentran los planes de acción desarrollados para la inspección y diagnóstico de las trampas de vapor, así como los reportes de mantenimiento correctivo y preventivo.

Los planes de mantenimiento preventivo desarrollados se enfocan en el registro de los datos de manera continua de cada trampa y que se efectúen en períodos de frecuencia de cada 15 días. En la sección de Anexos se muestra la hoja para mantenimiento correctivo y preventivo. Estos planes se basan en las buenas prácticas de la Compañía Especialista en Vapor (TLV).

## 6.2. SISTEMA DE MONITOREO TRAMPAS DE VAPOR

Después de desarrollar los planes de acción de gestión para inspección y diagnóstico de las trampas de vapor, según el FODA de la Figura 5.1, se observa que dado la dimensión y lo amplio del sistema, las inspecciones en periodos de tiempo relativamente cortos se dificultan por la cantidad de personal, atención de las tareas prioritarias y el tiempo para el buen desarrollo de estas prácticas. Como se mencionó anteriormente las formas de desarrollar inspecciones son variadas, desde métodos simples como visuales, acústicos, ultrasonido y térmicos, pero con el desarrollo tecnológico surgen métodos de supervisión de estos equipos en tiempo real, los cuales detectan el fallo del sistema o inoperancia de las unidades.

Estos sistemas generan registros del estado de operación, ayudan a la detección temprana para mantenimiento y sustitución, que generan un mantenimiento predictivo, bajo un sistema de monitoreo continuo de gran cantidad de unidades simultáneamente. Implementar este tipo de equipos en el sistema de vapor generaría análisis y ahorro de tiempo mantenimiento, así como detección temprana de los fallos que evitaría pérdidas del condensado y, por ende, ahorros energéticos y económicos al sistema. Los sistemas de monitoreo electrónicos de las trampas son unidades inalámbricas que se colocan en la tubería de entrada y detectan problemas de operación mediante el método acústico y ultrasonido, además que registra datos de condición y temperatura.

Para la cotización y capacitación de este tipo de equipos se contactó a empresas que distribuyen estas unidades. Las empresas contactadas fueron la empresa Monaro, distribuidor de equipos Armstrong en el país y la empresa TecnoSagot. En la Tabla 6.1 se encuentra un resumen de los equipos que ofrecen, datos técnicos e inversión para cada uno.

Tabla 6.1. *Comparación de equipos electrónicos para monitoreo de trampas*

Empresa	Marca	Modelo	Tipo de Análisis	Trampa	Transmite	Monitoreo	Costo Unitario (\$)
Monaro	Armstrong	AIM ST5700	Ultrasonido	Balde Invertido	Condición Operativa, temperatura, Batería	24/día	1 538,00
Tecno Sagot	TLV	iT5 iTrap Sensor	Ultrasonido	Todas	Condición Operativa, temperatura	24/día	3 538,00

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

Para la selección del equipo correcto se toma en consideración el tipo de análisis de inspección que realiza a la unidad, en ambos casos es el método de ultrasonido. Las condiciones de transmisión son similares pero el modelo de Monaro incluye una descripción en tiempo real de la condición de las trampas y con actualizaciones con períodos de tiempo establecidos. El equipo de TecnoSagot que transmite el estado en tiempo real, pero con actualizaciones en tiempos según fábrica. La inversión según costo unitario de equipo, el modelo AIM ST5700 presenta casi la mitad de la inversión del modelo iTrap pero este último incluye costos de instalación y puesta en marcha. Por otra parte, el modelo de Armstrong no incluye la instalación, ya que estos equipos son de fácil instalación sobre la línea de entrada.

Una característica importante es el tipo de trampas que analizan, el modelo de Armstrong solo analiza trampas de tipo balde invertido y el modelo de TLV analiza todo tipo de trampas. Un inconveniente encontrado es que las trampas tipo flotador presentan dificultades de lectura al ser de descarga continua, lo que genera problemas de lectura por el método de ultrasonido.

Un problema de estos equipos es la configuración y calibración. Dentro de los costos del modelo de TLV se incluye este servicio, pero dentro Armstrong no, después de largos análisis se decide invertir en el equipo Armstrong por motivos de precio, más uso en el mercado internacional y características técnicas generales. Una ventaja de este equipo es que identifica la falla qué, cuándo y dónde, evalúa el alcance ¿qué impacto tiene? mide el impacto, y, de acuerdo con el diagnóstico valora las pérdidas tangibles e intangibles, es decir, pérdidas en condensado y su costo económico por lb perdida. En la sección de Apéndices se muestran las características técnicas del AIM ST5700.

### **6.3. ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA CALDERA DE BIOMASA DE 600 BHP EN SUSTITUCIÓN DEL 75% DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE BÚNKER.**

Dentro de las implementaciones tecnológicas del modelo de energía, el combustible es una de las variables más significativas y de mayor oportunidad energética en el sistema de vapor. La evaluación realizada a la planta de calderas da como resultado que el combustible búnker es una buena selección para producción de vapor, dado su poder calorífico y la respuesta inmediata a los cambios de demanda de vapor. No obstante, uno de los inconvenientes del búnker es la variabilidad de sus precios, los cuales dependen de factores como el país exportador, el tipo de cambio (dólares) y los impuestos al precio del litro según el gobierno. Esto genera fluctuaciones en periodos mensuales y trimestrales que varían su valor de venta, además de los gases de efecto invernadero que genera mensualmente por ser un combustible de origen fósil.

Una de las oportunidades de ahorro energético encontradas es la utilización de un combustible amigable con el ambiente para la producción de vapor, que vaya en la dirección de una producción sostenible, mejor desempeño energético y una disminución de costos de producción. Durante la evaluación se encontró que el sistema actual tiene muchos equipos para maximizar y, de este modo, optimizar la producción; entre estos equipos se encuentran los sistemas de recuperación de condensados, calentadores de agua de alimentación, recuperados de calor de purga y las calderas presentan buenas combustiones. Los gases de chimenea fueron un punto a rescatar para aprovechar esa energía desechada. El búnker es un combustible que en sus gases genera ácidos, que, al colocarle un equipo como economizadores para aprovechar este calor desprendido, deterioran su serpentín y a largo plazo no es una opción viable.

Se optó por desarrollar un estudio para la sustitución del 75% del consumo energético del sistema por medio de 2 calderas de búnker, de 400 y 300 BHP por una caldera de biocombustible como la biomasa de 600 BHP. El primer paso para el desarrollo de la implementación de la caldera de biomasa es la selección del tipo de combustible de biomasa.

### 6.3.1. Análisis y Selección del Combustible

Como se mencionó anteriormente los aspectos para la selección del combustible son: el poder calorífico, la densidad, el costo de venta y la generación de GEI, por lo cual se evalúan diferentes combustibles de biomasa contra el búnker para determinar la mejor elección. Dentro del estudio se analiza el combustible búnker y el uso de combustibles como la biomasa de tipo pellets y chips de madera.

Tabla 6.2. *Características importantes para selección del combustible*

Combustible	Poder Calorífico (MJ)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Precio	
Búnker C	42,20	951	299,93 ¢/l	0,5 \$/l
Pellets	18,61	650	140 000 ¢/ton	232,15 \$/ton
Chips	8,21	250	28 000 ¢/ton	46,43 \$/ton

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

Con la Tabla 6.2 sobre las propiedades de los combustibles se puede calcular la cantidad de demanda energética de cada combustible para el sistema de vapor. En la Tabla 6.3 se muestra el consumo energético del búnker, de acuerdo a los valores del último año analizados — que se encuentra en la sección 4.4.1, Tabla 4.12 — para obtener el consumo energético mínimo, máximo y promedio, se hace uso de la Ecuación 6.1 para la energía de combustión de búnker.

$$E_{\text{combustión Búnker}} = \text{Litros Búnker} \times \text{Densidad Combustible} \times \text{Energía Combustión}$$

*Ecuación 6.1. Energía de combustión búnker*

Fuente: (Miranda, 2014)

Tabla 6.3. *Cálculo energía aportada por el Búnker*

Combustible Búnker C	Litros	MJ
Consumo Mínimo Mensual	103 211,00	4 142 084,49
Consumo Promedio Mensual	148 258,13	5 949 924,85
Consumo Máximo Mensual	205 784,00	8 258 564,64

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

$$\text{Biomasa equivalente} = \frac{\text{Consumo Energético Biomasa}}{\text{Poder Calorífico Biomasa} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}\right)}$$

*Ecuación 6.2. Energía de combustión biomasa*

Fuente: (Miranda, 2014)

Por medio de la Ecuación 6.2 se obtiene el consumo equivalente de biomasa dado el consumo de búnker de la Tabla 6.3. Una vez que se obtienen los valores mínimo, máximo y promedio del consumo energético del búnker, se procede a obtener la equivalencia energética de combustibles de biomasa por medio de la Ecuación 6.3, que corresponde a las toneladas másicas de biomasa. Como se observa en la Tabla 6.4. Cabe mencionar que se toma una eficiencia promedio de las calderas actuales de búnker de 85% y un 88% de eficiencia de la caldera de biomasa, en la siguiente Sección 6.3.2 se describe la selección de dicha caldera.

$$\text{Consumo equivalente Biomasa} = \frac{\text{Megajulios producidos búnker}}{\text{Capacidad Calorífica Biomasa}} \times (1 - (\text{nbúnker} - \text{nbiomasa}))$$

*Ecuación 6.3. Consumo equivalente de pellets*

Fuente: (Miranda, 2014)

Para obtener los precios mensuales aproximados de los combustibles en la Tabla 6.2, primero se analiza el búnker, de acuerdo con Arias (2018), se toma la tendencia de los últimos años según datos de RECOPE. Estos valores de tendencia se toman hasta la mitad del año 2019, dado que después del mes de junio la línea de tendencia presenta fluctuaciones a la baja (dada la crisis financiera que empezó a enfrentar el país y, posteriormente la crisis de salud), por lo cual para considerar un valor de precio acorde a la tendencia se toma 299,93  $\text{C}/\text{l}$  (este valor incluye el costo de transporte de 0,0218  $\text{C}/\text{l}$ ) como valor promedio de la tendencia de junio 2018 hasta junio de 2019. Para los biocombustibles, como los pellets y los chips de madera se contactó a la empresa Pelletics, para tomar como referencia los costos de cada uno de los biocombustibles, los cuales ya incluyen el costo de transporte hasta el hospital.

Tabla 6.4. *Comparación de consumos de cada tipo de combustible*

<b>Consumos Mensuales</b>	<b>Litros de Búnker</b>	<b>ton Pellets</b>	<b>ton Chips</b>
Máximo	205 784	433,017	975,74
Promedio	148 258	311,969	702,98
Mínimo	103 211	217,180	489,38
<b>Costos Mensuales</b>	<b>Búnker (\$)</b>	<b>Pellets (\$)</b>	<b>Chips (\$)</b>
Máximo	102 346,03	100 524,54	45 303,39
Promedio	73 735,72	72 423,41	32 639,05
Mínimo	51 331,67	50 418,10	22 721,92

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

Tabla 6.5. *Emisiones mensuales promedio de gases de efecto invernadero*

<b>Combustible</b>	<b>Consumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>ton GEI</b>
Búnker C	148 258,13	l	433,13
Pellets	311,97	ton	2
Chips	702,98	ton	4

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

Según las Tablas 6.4 y 6.5 se pueden observar los datos del último año de consumo del búnker, además del precio, y con base a esto se obtiene la equivalencia de los demás combustibles. De esta forma se puede analizar cuál tipo de biocombustible es el más idóneo para reemplazar el búnker. Ahora bien, no se tomó en consideración el uso de gas licuado de petróleo dado que tiene un costo por litro similar al búnker incluso se encuentra por encima de este; sin embargo, este presenta un poder calorífico mucho mayor y en términos de eficiencia puede generar mejores prestaciones.

En materia ambiental, su generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), es poco menor al búnker, entonces se tiene un combustible que genera una mejor eficiencia, pero no así ahorros económicos ni ambientales. Por esto se buscó un combustible a base de biomasa que representa menor costo económico, reducción significativa de GEI y una buena eficiencia. Una opción sería por medio de sistemas duales búnker/gas o diésel/gas, en donde si se generan ahorros económicos significativos, dado que el diésel es mucho más económico que el búnker y este sería un escenario viable.



En referencia a las Tablas 6.4 y 6.5 se puede observar cómo los pellets a nivel económico no generarían ahorros, debido a que su valor base es similar al del búnker y su consumo no contrarresta el actual, aunque a nivel ambiental genera una reducción significativa de GEI. El precio de los pellets, aunque es un valor más estable que el del búnker, se presenta un valor alto por su alta demanda y baja disponibilidad dado que hay pocas empresas productoras.

El uso de la biomasa a base de chips de madera representa la mejor opción en términos económicos y ambientales para la sustitución del combustible, en las siguientes secciones se da la justificación financiera y ambiental con bases más concretas del ahorro económico generado. Como se mencionó anteriormente para que se obtengan buenas eficiencias de este tipo de combustible se deben mantener variables basadas en los parámetros de la norma ISO 17225, que habla de los requerimientos generales de biocombustibles en relación con su contenido de humedad, cenizas, cloro, azufre, nitrógeno, poder calorífico y densidad.

Tabla 6.6. *Comparación de parámetros del chip de madera*

Contenidos	Según ISO 17225	Proveedor
Humedad	<50%	(54,37±0,66)% m/m
Cenizas	<10%	(1,09±0,04)% m/m
Cloro	<0,3%	(0,1±0,01)% m/m
Azufre	<0,2%	(0,09±0,01)% m/m
Nitrógeno	<1,3%	(0,09±0,01)% m/m
Poder Calorífico (MJ)	8,27	8,21
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	250 < d < 350	250

Fuente: (Arias, 2018)

Como se mencionó anteriormente la empresa Pelletics es la referencia de los combustibles de biomasa en los que se realiza el estudio, en cuanto a costos y análisis de proveedor. El primer punto para analizar es el contenido de humedad, el cual se encuentra un 4% por encima del límite máximo exigido por la norma. Es común encontrarse que los chips de madera rondan los 50% a 55% de humedad, pero una opción para un mejor control de la humedad es el uso de un secador para la caldera. En cuanto al contenido de cenizas se encuentra un 8,91% por debajo del límite, lo cual es bueno para el sistema, de igual manera para los niveles de cloro, azufre y nitrógeno. El poder calorífico es un valor se encuentra 0,06 MJ por debajo del límite, que se sigue considerando aceptable para la producción.

Según Arias (2018) es importante contar con varios proveedores más que puedan garantizar las cantidad necesarias de biomasa con la calidad y especificaciones del laboratorio. Se contactó a la empresa Maderas Cultivadas de Costa Rica que produce este tipo de biocombustibles a base del sobrante de los procesos de fabricación de muebles. Esta empresa vende productos certificados por Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), aunque no cuentan con análisis de laboratorios como Pelletics. El costo de los chips de aserrío es 3965 colones por m<sup>3</sup>, presenta un poder calorífico de 7,773 MJ/kg (2,16 kWh) con niveles de humedad que van del 45% hasta los 55%.

Arias (2018) recomienda establecer contratos con las empresas proveedoras del combustible seleccionadas donde se comprometen a satisfacer la cantidad de chip de madera que se necesita para cubrir con la demanda energética del sistema (p. 74). Esto porque pueden haber consumidores que paguen precios mayores por el combustible, entonces dentro de un contrato los proveedores aseguran la estabilidad de demanda en un lapso de tiempo prudencial y de esta manera el costo no va tener incrementos.

Tabla 6.7. *Cantidad de chip de madera necesaria en sustitución del 75% de consumo energético de búnker*

<b>Costos Mensuales</b>	<b>Litros de Búnker</b>	<b>Búnker (\$)</b>	<b>ton Chips</b>	<b>Chips (\$)</b>
Máximo	154 338,00	76 759,52	731,80	33 977,54
Promedio	111 193,60	55 301,79	527,23	24 479,29
Mínimo	77 408,25	38 498,75	367,04	17 041,44

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

Al realizar la implementación de la caldera de biomasa en sustitución del 75% del consumo energético de las 2 calderas de búnker de 400 y 300 BHP, se puede observar en la Tabla 6.7 cómo la cantidad de dinero invertido en combustible genera un ahorro porcentual en más de la mitad del costo usual, basado en los consumos del último año. Esto generaría un ahorro económico significativo con esta implementación. En la sección de Apéndices se muestran las fichas con las propiedades de cada combustible.

### **6.3.2. Selección de la Caldera de Biomasa.**

En los apartados, sección 4.2 se menciona que el sistema opera con 4 calderas, en turnos de 12 horas de funcionamiento. Un punto de análisis es la eficiencia de las calderas que cuentan con sistemas que elevan su eficacia, pues una caldera teóricamente alcanza su nivel óptimo de operación con horas ininterrumpidas de funcionamiento. El sistema del HSJD es diferente, ya que las calderas operan cada 12 horas y aunque no se apagan al 100%, estas intervenciones no logran el nivel óptimo de las calderas.

Cabe mencionar que el sistema del HSJD es un sistema de vapor redundante, dado que al ser un sistema para el sector salud no se puede dejar de operar y en caso de fallo de alguna caldera se tienen otras que cubran la demanda de vapor diaria, lo que se le conoce como un *back up*. Ahora bien, conociendo esto, se pretende sustituir alrededor del 70% al 75% del consumo energético diario del sistema por una caldera de biomasa de 600 BHP. Este valor se justifica, dado que por motivos de ahorro económico se necesita sustituir alrededor del 50% del consumo energético para tener retornos de inversión y generar ahorros significativos, además que entre mayor porcentaje se sustituya se disminuye la generación de GEI.

Por motivos de espacio, sustituir una sola caldera representaría alrededor del 25% de consumo y se tienen que realizar trabajos de ampliación en obra civil, al sustituir dos calderas de 400 BHP y 300 BHP, por una caldera de biomasa que opere ininterrumpidamente las 24 horas del día y los 365 días, genera un suministro de vapor a menor precio, con un combustible amigable con el ambiente, que iría bajo los objetivos y metas de la política energética, el Plan de Estratégico de la CCSS y la Política Institucional de Mantenimiento; y generaría una mejor estabilidad financiera al reducir costos de producción de vapor y adaptarse a un modelo de energía de mejora continua.

Otro punto en consideración es que las otras 2 calderas restantes operarán en turnos de 12 horas y, mediante un estudio de medición de la demanda de vapor se pueden generar balances energéticos entre las 3 calderas para un mejor funcionamiento. Dado que tener equipos tan robustos y que operen a tan bajo porcentaje energético no es eficiente, esto es una de las limitaciones del estudio de implementación.

Según Arias (2018), no es correcto instalar calderas de biomasa sobredimensionadas, dado que estos sistemas que tienen mucha inercia y no reaccionan a los picos de demanda como unidades, operan con combustibles fósiles, por lo cual la sustitución de la caldera es bajo un porcentaje del consumo energético y no de todo el sistema para que los otros sistemas cubran esos picos de demanda mientras la caldera de biomasa cubre la demanda promedio de vapor. Ahora bien conociendo la demanda teórica de la Tabla 4.6 y la Tabla 5.8, se contactó a dos empresas que han realizado proyectos con calderas de biomasa en el país, por lo cual el proceso de encontrar el sistema más apropiado para que trabaje bajo las mejores condiciones de la presente planta se facilita, así como la negociación.

La información solicitada a empresas como EcoSolutions y Hurst Boiler & Welding Co.Inc, fue la presión de trabajo (100 psi), temperatura de salida de vapor (173°C), horas de operación (8760 horas/año) y consumo promedio de vapor (9389,25 kg/h o 20699 lb/h). Bajo estas características, se analizó cuál es la mejor opción de caldera, basándose en términos funcionales, técnicos y costos de inversión.

Después de largos análisis, se concluye que las características operativas son similares en cuanto requerimientos, un factor importante fue la inversión inicial y características técnicas, por lo cual la selección se inclina por la empresa Hurst Boiler & Welding Co. Inc, pues la caldera puede producir 9389,37 kg/h (20 700 lb/h) y genera un mayor margen para cubrir baja producción. Esta caldera puede operar bajo una humedad de 50%, lo cual es un punto para tomar en consideración, ya que no hay dependencia del chip de madera, en caso de una eventualidad. A esta caldera se le tiene que realizar una limpieza de cenizas y mantenimiento cada 8 a 15 días; en este periodo las otras dos calderas suplen la demanda del sistema. Además, las cenizas generadas se pueden vender a otros entes para uso como abono orgánico.

Tabla 6.8. Especificaciones técnicas de la caldera de biomasa

Rubro	Dato
País	USA
Modelo	Hybrid RG
Fabricante	Hurst
Marca	Hurst
Tipo de Medio	Vapor Saturado
Eficiencia	88%
Presión de Diseño (psi)	150
Presión de Trabajo (psi)	100
Capacidad Térmica (kW)	5880
Combustible	Chip de Madera
Potencia Nominal (BHP)	600
Producción Nominal (lb/h) a 100°C	20700

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020, Hurst Boiler

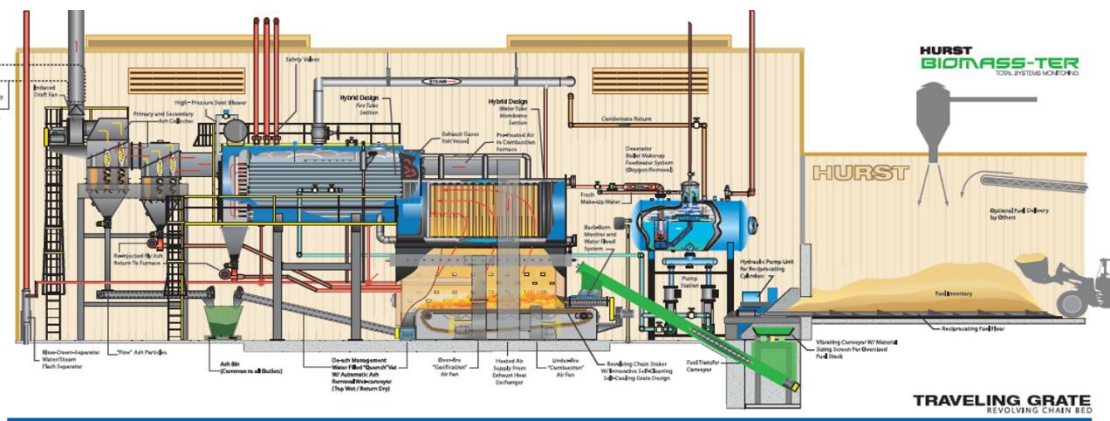


Figura 6.1. Diagrama de la Caldera de Biomasa

Fuente: Hurst Boiler (s.f.)

En la Tabla 6.8 se observan las características técnicas de la caldera seleccionada, la cual funciona mediante un sistema híbrido que incorpora una membrana de agua tipo caldera acuotubular y un recipiente marino escocés de caldera pirotubular. Las ventajas de este sistema sobre las calderas acuotubulares estándar, es que presentan un área de desconexión de vapor mucho más grande que proporciona vapor de alta calidad, mayor capacidad de almacenamiento para una repentina demanda de vapor y un almacenamiento térmico mucho más grande que provee tiempos de respuesta de demanda rápidos.

La capacidad mínima de la caldera es de 2,7 ton/h (5 992 lb/h, 2 717,93 kg/h), involucra un margen para abastecer las demandas de baja producción, dado que las calderas de biomasa tienen un comportamiento como un horno de leña, cuando la unidad se apaga la combustión en el hogar continúa hirviendo y calentando, por lo que el combustible restante se usa para cubrir las demandas bajas. Esta operación evita que la caldera de biomasa esté arrancando y parando que a la postre genera un desgaste interno.

### **6.3.3. Equipos de la Caldera.**

Cuando se complete la instalación del equipo de caldera suministrado, Hurst Boiler & Welding Co., Inc. Proporcionaría un técnico de puesta en marcha para ayudar en el curado del sistema refractario, iniciar y probar el equipo y capacitar al personal sobre el mantenimiento y funcionamiento adecuados del sistema. La caldera incluiría:

1. Revisión de todos los componentes del sistema para asegurar la rotación, alineación, secuenciación, funcionamiento, etc. adecuados.
2. Puesta en marcha del sistema para probar el funcionamiento de los controles, transportadores y otros equipos relacionados.
3. Ajuste de controles para proporcionar un funcionamiento eficiente de todas las funciones de la caldera.
4. Puesta en marcha del equipo con el personal de la planta para familiarizarlos con los procedimientos adecuados de operación y mantenimiento.
5. El tiempo de inicio se facturará a 1800 \$/día, más gastos y costos de viaje.

### **Silo de alimentación y Gasificador de Combustible de Biomasa**

La empresa Hurst Boiler & Welding Co., Inc, dentro de la inversión inicial de la caldera para el almacenamiento de combustible, no implementa silo, por lo cual se contactó al Ing. Jonathan Pérez y al Sr. Bernardo Orozco, de la empresa Bridgestone, quienes han realizado proyectos con calderas de biomasa y sus respectivos silos de almacenamiento. Ahora bien, para la selección del silo se debe conocer la capacidad de toneladas diarias requeridas por la caldera para proyectar el silo que se requiere, según las siguientes ecuaciones:

$$Pc = \frac{Pn}{n}$$

*Ecuación 6.4. Potencia de consumo Caldera de Biomasa*

Fuente: (Miranda, 2014)

Donde:

Pc = Potencia de Consumo expresada en Kilowatts

Pn = Potencia neta de la cadera en Kilowatts

n = Eficiencia de la caldera

$$Ec = Pc \times Hf$$

*Ecuación 6.5. Energía consumida por la caldera*

Fuente: (Miranda, 2014)

Donde:

Ec = Energía Consumida en kWh por día

Pc = Potencia de Consumo expresada en Kilowatts

Hf = Horas de funcionamiento por día

$$Bc = \frac{Ec}{PCI}$$

*Ecuación 6.6. Biomasa consumida por la caldera*

Fuente: (Miranda, 2014)

Donde:

Bc = Biomasa consumida expresada en kg por día

Ec = Energía consumida expresada en kWh por día

PCI = Energía consumida expresada en kWh por día

$$Au = \frac{As}{Bc}$$

*Ecuación 6.7. Autonomía silo*

Fuente: (Miranda, 2014)

Donde:

Au = Autonomía Silo.

Bc = Biomasa consumida expresada en kg por día.

As = Almacenamiento del Silo.

La Tabla 6.9 muestra los resultados de las Ecuaciones 6.4, 6.5, 6.5 y 6.7 para poder obtener la autonomía del silo de almacenamiento, de acuerdo a las características de la caldera. La capacidad de producción de la caldera requiere 70 toneladas másicas diarias para su funcionamiento, de acuerdo con el criterio de los expertos de Bridgestone proponen un silo de 140 ton para de este modo obtener una autonomía de 2 días, como se muestra en la tabla 6.9 (Comunicación personal, J. Pérez y B. Orozco, octubre 12, 2020).

Las características constructivas del silo me muestran en la Tabla 6.10, cuando el proyecto se ponga en marcha se requerirá de cinco camiones para que depositen la producción de los dos días, posterior a esto se requiere de un flujo de dos camiones diarios para que proveen de chips de madera a la caldera, debido a que lo camiones son de 27 toneladas y se requeriría un flujo aproximado de 14 camiones a la semana, además el tiempo de instalación del silo es de 1 a 2 días.



Tabla 6.9. *Autonomía de silo de almacenamiento*

<b>Cálculo de la Autonomía del Silo</b>	
<b>Cálculo Potencia de Consumo</b>	
Pn (KW)	5 880
n (eficiencia caldera)	0,88
Pc (potencia de consumo kW)	6 681,82
<b>Cálculo Energía Consumida</b>	
Ec (Energía consumida kWh/día)	160 363,64
Pc (potencia consumida kW)	6 681,82
hf (horas de funcionamiento día)	24,00
<b>Cálculo Biomasa Consumida</b>	
Bc (Biomasa Consumida kg/día)	70 317,79
Ec (Energía consumida kWh/día)	160 363,64
PCI (Poder Calorífico Inferior kWh/kg)	2,28
<b>Cálculo Autonomía Silo</b>	
Autonomía (días)	2
Bc (Biomasa Consumida kg/día)	70 317,79
Capacidad de almacenamiento (kg)	140 000,00

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

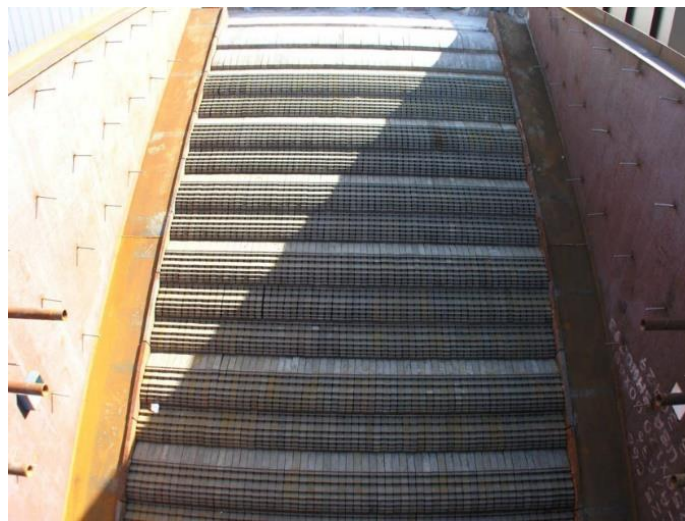
Tabla 6.10. *Especificaciones técnicas del silo de almacenamiento*

<b>Silo de Almacenamiento</b>	
Volumen Total (m <sup>3</sup> )	400
Peso Total (ton)	140
<b>Cilindro</b>	
Alto cada anillo (m)	0,82
Número anillos	13
Altura (m)	10,66
Diámetro (m)	6
Volumen Total (m <sup>3</sup> )	360
Peso Total (ton)	126
<b>Cono (45°)</b>	
Alto (m)	3,15
Diámetro (m)	6,3
Volumen Total (m <sup>3</sup> )	40
Peso Total (ton)	14

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel 2020

El sistema proporciona un gasificador de combustible de biomasa subtoquiométrico que incluye una cámara de combustión de alta resistencia, refractario y aislamiento que se envíen sueltos para quemar el combustible sólido según lo especificado. Los dispositivos incluidos en este sistema se encuentran los siguientes:

1. Cuatro tolvas de medición de doble tornillo con controlador de velocidad variable de tipo CA e indicador de nivel de tolva (Sonac) para controlar el transportador de combustible del propietario.
2. Un alimentador inclinado de rejilla recíproca.



*Figura 6.2.* Rejilla recíproca para el combustible de alimentación

Fuente: Hurst Boiler (s.f.)

3. Sistema de aire de combustión subtoquiométrico.
4. Carcasa de la cámara de gasificación.
5. Dos puertos de observación refrigerados por aire con protectores térmicos y lentes para el sitio.
6. Hierro fundido sobre puertas de acceso contra incendios con protectores térmicos y manijas con cerradura.

## **Control de contaminación**

El sistema cuenta con un conducto de gases de combustión que está diseñado para evitar grietas por pulsaciones, vibraciones para conducir estos gases desde la caldera al precalentador de aire de gasificación/combustión y un conducto de gases que envía los gases del precalentador al colector primario de cenizas volantes (para almacenarlas en un supresor volante de ciclones múltiples). Presenta un conducto de gases de combustión para enviar los gases desde el multiciclón primario hasta el economizador de agua de alimentación y otro conducto que envía gases del economizador al ventilador de tiro inducido.



*Figura 6.3. Sistema de control de contaminación*

Fuente: Hurst Boiler (s.f.)

## **Sistema de alimentación de agua**

La caldera cuenta con un sistema de retorno automático Hurst Feedmiser que proporciona almacenamiento para la reposición de agua y el condensado de retorno del circuito del sistema. Para la caldera de 600 BHP se tiene un sistema de 600 galones de capacidad, con agua de alimentación a temperatura de 210°F (98.8°C).



Figura 6.4. Fotografía del modelo Hurst Feedmiser

Fuente: Hurst Boiler (s.f.)

El sistema incluye un sistema de desaireador para el agua de alimentación de alta presión, con un tanque de acero, válvulas de pulverización, precalentador de agua e inyección (*Feedmiser*), una serie de válvulas de entrada tipo palanca, controladores tipo externo, medidor de vidrio, bombas de alimentación a 150 psi, motores de las bombas para control modulante, instrumentos de medición (manómetros, termómetros) y válvulas de aislamiento.

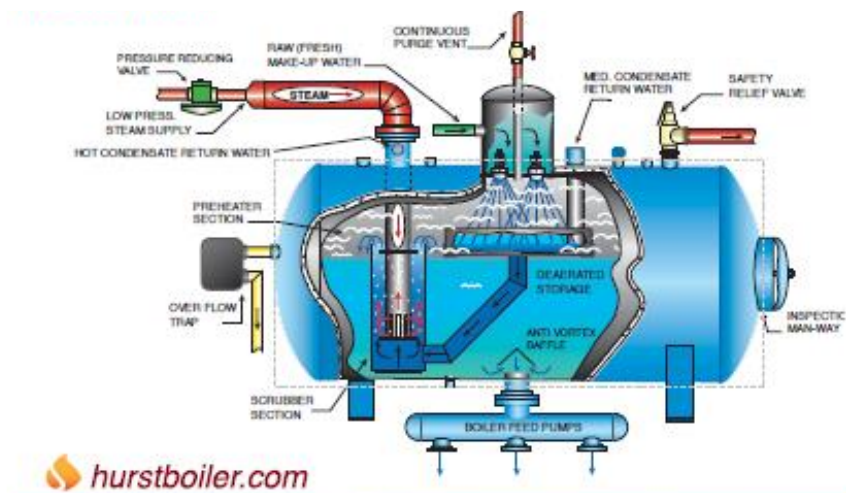


Figura 6.5. Fotografía del modelo Hurst Desaireador

Fuente: Hurst Boiler (s.f.)

## Equipos Adicionales

Incluye un sistema para el control eléctrico por medio de un gabinete independiente ensamblado y completamente cableado, el cual está diseñado para un sistema de control y monitoreo que proporciona control intuitivo del funcionamiento de la caldera y los equipos periféricos.

Sistema para el almacenamiento y transporte de combustible, por medio de pisos alternativos de 3 secciones, una unidad de potencia hidráulica que incluye:

1. TBD caballos de fuerza, 1750 rpm, motor eléctrico TEFC para incluir una bomba de pistón de volumen variable de 11 gpm.
2. Manómetro lleno de líquido de 0-5.000 psig con válvula de cierre.
3. Válvula de purga de aire.
4. Colector de aluminio de 2 estaciones con válvula de alivio de presión integral.
5. 2 válvulas de control direccional de 3 posiciones, 4 vías, de centro cerrado, 120 VCA, de cambio suave, de cada una.
6. Filtro de retorno de 10 micrones con indicador visual
7. Aceite hidráulico necesario para el funcionamiento.



*Figura 6.6. Fotografía del Sistema hidráulico*

Fuente: Hurst Boiler (s.f.)

El sistema de alimentación de combustible cuenta con una unidad transportador/vibratoria cruzada con dimensiones de 20 pies de largo x 30 pulgadas de ancho en total.

## Secador

Un aspecto importante de la caldera es que opera con una humedad del 50% y las condiciones del combustible varían de 25% a 55%, lo cual afectaría la eficiencia de la caldera si se pasa del 50%, por el atascamiento de sólidos. Por ende, se decide incluir dentro del sistema un equipo secador para mantener los chips de madera bajo la temperatura y humedad requeridas. Este equipo no es diseñado por la empresa Hurst Boiler, sino que la empresa recomienda fabricantes de estas unidades, así como todo el proceso de cotización.

El secador tiene una dimensión de 10 metros de largo y 1,5 metros de diámetro, poder de 5,5 kW, Feedwater de 20% a 50% y un peso de 5 toneladas.



*Figura 6.7. Secador Rotativo*

Fuente: Tomado de <http://es.nswoodmachine.com/rotary-dryer/56653200.html>

## Ubicación

Cada uno de los equipos requieren un espacio físico para ser ubicados. La planta al remover las 2 calderas de 400 BHP y 300 BHP quedaría con un espacio considerable para ubicar la caldera de biomasa. Este análisis de espacio debe de realizarse de manera más detallada por los encargados del HSJD, además que, para cualquier tipo de obra civil que se tenga que realizar, en el análisis económico se destina una cierta cantidad de gastos para cualquier imprevisto. En la sección de Apéndices se muestran diagramas de la caldera.

Otro punto en consideración es la ubicación del silo de almacenamiento, el piso reciprocante, secador rotatorio y el sistema de alimentación de combustible, dado que, al reemplazar las 2 calderas, el suministro de búnker se reduce en gran porcentaje, sus sistemas de alimentación y almacenamiento no serán necesarios y se reduciría a un pequeño almacenamiento, como lo son los tanques de búnker en frío y caliente, así como el sistema de inyección (estación de búnker). Este lugar es ideal para colocar la ubicación de estos equipos que tienen disponibilidad de un espacio de alrededor de 18,7 m por 18, 2 m.

En la Figura 6.1 se muestra el diagrama de la caldera de biomasa con los equipos que incluye los cuales son:

1. Caldera
2. Desaireador (tanques, *Feedmiser*, *Feedwater*)
3. Piso Reciprocante (sistema hidráulico para transporte)
4. Cenicero
5. Separador de cenizas
6. Filtros
7. Colector primario y secundario
8. Grupo de bombeo
9. Ventilador de tiro inducido
10. Soplador de hollín de alta presión
11. Blowdown Separator

## **7. CAPÍTULO VII MODELO DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA PARA EL SISTEMA DE VAPOR**

---

### **7.1. MODELO DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA BASADO EN LA NORMA INTE/ISO 50 001**

A continuación, se describe la estructura para el proceso de elaboración del Modelo de Gestión de la Energía basado en los criterios de la norma INTE/ISO 50 001. Como se mencionó anteriormente el objetivo de la norma es permitir a las instituciones que lo establezcan en nuestro caso, el HSJD, es implantar los sistemas y procesos de mejora continua del desempeño energético que abarca 3 términos importantes que son: uso de la energía, consumo de la energía y la eficiencia de la energía.

El desarrollo de esta incluye una política energética, objetivos, metas energéticas y planes de acción relacionados con la eficiencia, uso y consumo de la energía para poder cumplir simultáneamente los requisitos legales aplicables y otros requisitos. Al obtener la información relacionada con el uso de la energía del sistema de vapor se puede establecer estas bases y comenzar a tomar decisiones. La norma como tal se basa en el ciclo Deming de mejora continua, en este caso de desempeño energético, que permite una mejor gestión: PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar).

1. Planear: se divide en dos planeaciones estratégica que es la inicial para saber el contexto actual de la empresa e ir viendo posibles oportunidades de mejora, y la planeación táctica, para analizar entradas, salidas del uso y consumo de la energía para finalizar con una evaluación por medio de una auditoría energética que engloba estas planeaciones y da una proyección de las mejoras.
2. Hacer: Implementar planes de acción para la gestión mediante recursos y responsabilidades.
3. Verificar: Se realizan mediciones de los planes realizados en un período de tiempo por medio de la auditoría energética.
4. Actuar: después de la verificación se toman nuevas oportunidades de mejora y reestablecer los lineamientos iniciales.



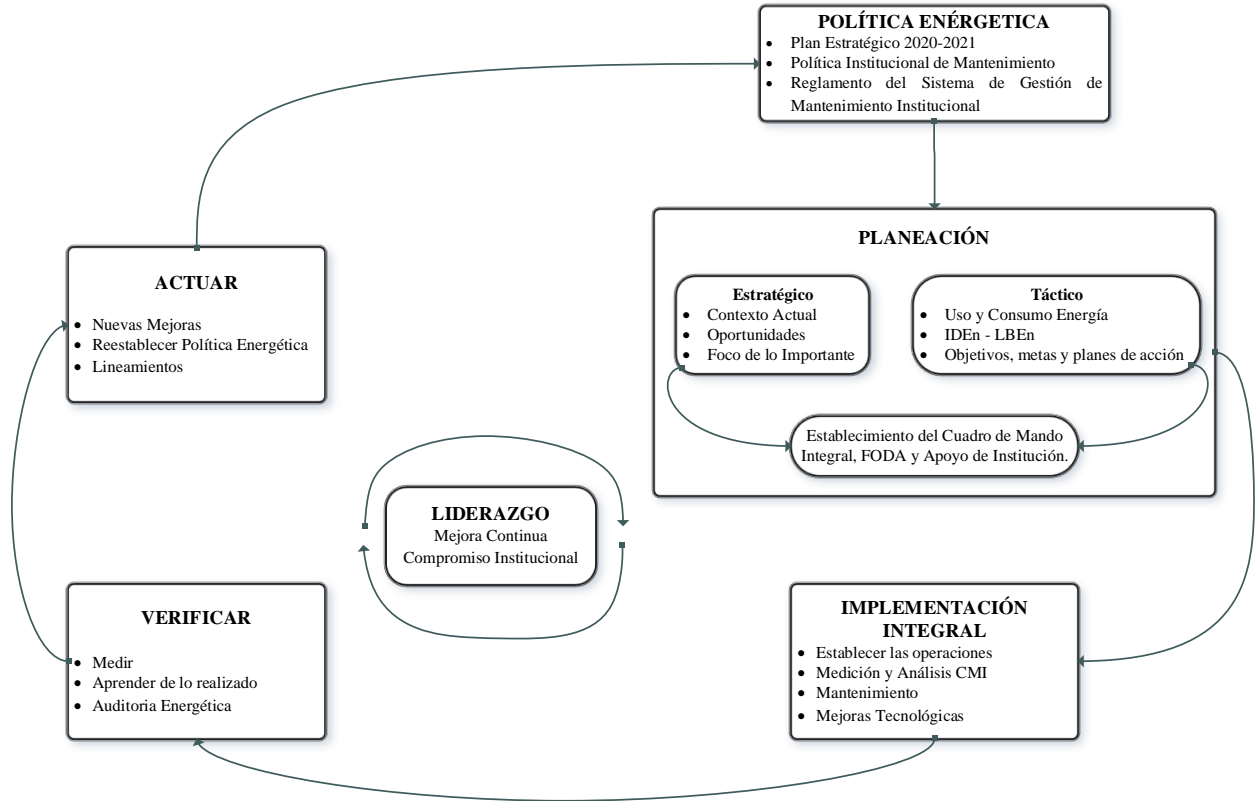


Figura 7.1. Diagrama de la Norma INTE/ISO 50 001 del HSJD

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2020

### 7.1.1. Liderazgo

#### 1. Requisitos Generales

El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital San Juan de Dios ha instaurado un Modelo de Gestión de la Energía, con el objetivo de mejorar su desempeño energético de su red de vapor, de acuerdo con los criterios de la norma INTE/ISO 50001: 2018. Este modelo se encuentra documentado en el siguiente proyecto, junto con su alcance, límites y la mejora continua de su gestión para su integración.

#### 2. Responsabilidad del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

Uno de los pilares de la mejora continua es el liderazgo, bajo el cual la norma enfatiza el compromiso de los altos jefes de la institución por medio de planes de acción financieros y operacionales que generan una mayor eficiencia del modelo. El DIM debe

definir una política energética, además de un representante que determine el alcance, límites del modelo, para de este modo lograr una buena comunicación entre los involucrados y conseguir que los objetivos, metas y planes de acción se lleven a cabo con éxito. El DIM debe mostrar los resultados de las medidas de acción tomadas en periodos de tiempo para la revisión general y su proyección de lo realizado.

El DIM ha asignado al coordinador de planta de calderas como representante para llevar el control de los parámetros establecidos en la planeación y asegurar que se cumpla lo implementado para la mejora continua, gestionar recursos, toma de decisiones, identificar mejoras y establecer la comunicación con la alta gerencia.

### 3. Política Energética

El DIM ha definido una política energética de acuerdo con las actividades relacionadas con el uso y consumo de la red de vapor, la cual debe ser registrada, actualizada en periodos de tiempo definidos y comunicada a los involucrados dentro del modelo. El éxito de un modelo de gestión de la energía radica en el compromiso de los representantes y a la alta gerencia en llevar una paulatina revisión de sus indicadores, para de este modo mejorar las debilidades y optimizar el modelo por medio de oportunidades que surjan. En el Anexo 12.1 se encuentra la política energética propuesta.

#### **7.1.2. Planificación**

Como se menciona en la norma INTE/ISO 50 001, la planeación del modelo debe ser consistente con la política energética establecida, para de este modo conducir a las acciones que resulten en la mejora continua del desempeño energético. La planificación se va a dividir en dos planes como se puede observar en la Figura 3.4, un plan estratégico y un plan táctico. A continuación, se describe cada uno de los planes.

## Plan Estratégico

El plan estratégico es una vista general sobre los riesgos y oportunidades para la toma de decisiones de la organización, para de este modo determinar el plan de trabajo al sistema y las medidas para los planes de acción. A partir de este plan estratégico se conoce la situación actual y se define un punto de partida.

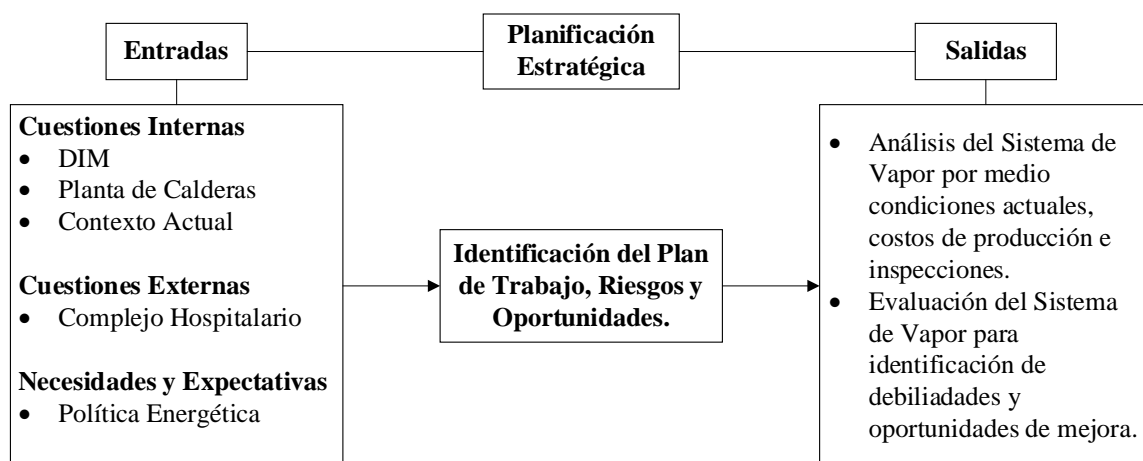


Figura 7.2. Diagrama del Plan Estratégico

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2020

## Plan Táctico

En la Figura 7.3 se muestra el diagrama para elaboración del plan táctico del modelo de gestión, en el capítulo 4 de este documento se muestra el análisis realizado, junto con los resultados obtenidos de las condiciones del DIM y de la planta de calderas. Además de la condición actual del sistema, los costos operativos para la elaboración de vapor considerando el último año analizado (junio del 2019 a junio del 2020); posteriormente un estudio exploratorio que se realiza por medio de la inspección de las trampas de vapor del sistema. Además, se incluye la vida útil de las calderas y sistemas críticos del sistema presentes en HSJD.

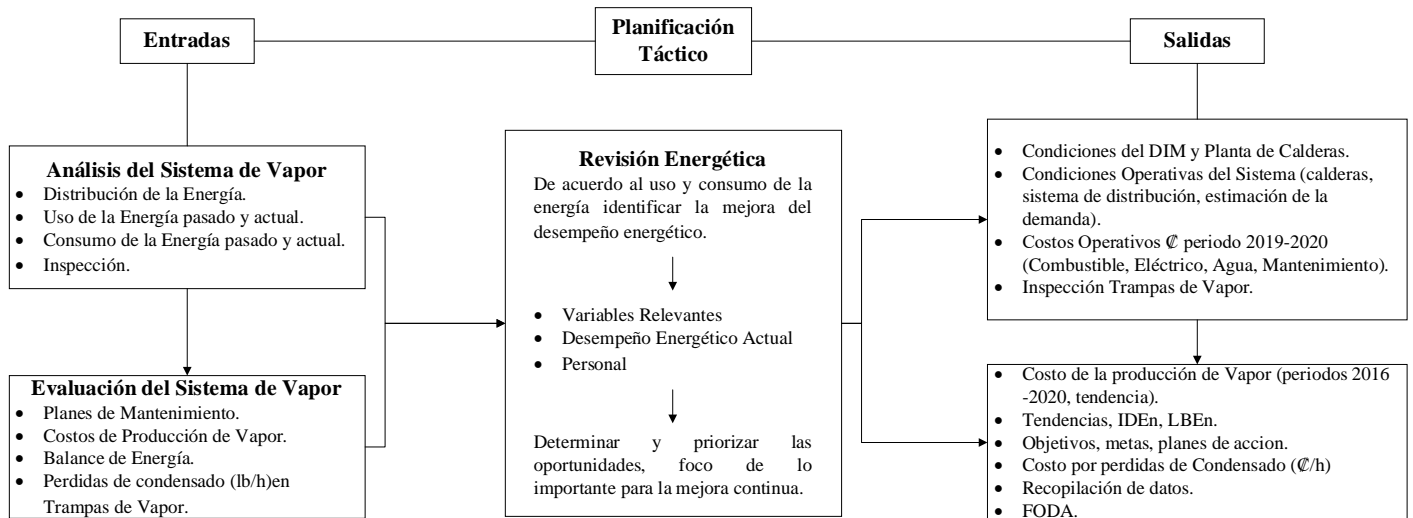


Figura 7.3. Diagrama del Plan Táctico

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2020

En el capítulo 5 del documento se muestra la evaluación realizada al sistema, enfocada en lo importante, como el costo de producción de vapor mensual, así como las pérdidas de condensado de las trampas de vapor y el costo económico que involucra estas pérdidas. Se muestra en la sección de costos el balance energético, así como la tendencia de los costos y una perspectiva de lo más influyente para la producción de vapor como es el combustible, esto para la creación de indicadores energéticos que puedan mostrar una conducta de mejora continua. Finalmente se muestra un FODA realizado para identificar los riesgos y oportunidades del sistema de vapor y saber cuáles son las oportunidades para generar un desempeño energético óptimo.

### **Cuadro de Mando Integral basado en los Indicadores Estratégicos de los costos de producción de vapor**

Los objetivos, metas energéticas y la planificación se presentan por medio de un CMI, donde se toman en cuenta las dos partes esenciales del plan táctico: el análisis y evaluación del sistema. Con los resultados obtenidos de esos puntos se construye el CMI enfocado en los costos de producción de vapor, basado en la tendencia y en las oportunidades de mejoras que se pueden desarrollar para un desempeño energético óptimo. En la sección de Anexos se

muestra la Tabla 12.7 donde se observa el CMI desarrollado para cada perspectiva, así como los indicadores, frecuencia de aplicación, responsable y las metas.

A manera de resumen en la Tabla 7.1 se presentan los objetivos e indicadores de cada perspectiva, que permitirán dar un seguimiento y medición del desempeño energético de la institución. El fin de desarrollar un CMI es la continua revisión y actualización de la metodología tomando en consideración la línea base de energía. Los indicadores se seleccionan de acuerdo con la perspectiva que se está evaluando, entonces por medio de su cálculo establecerá nuevas oportunidades de mejora y de este modo comparar los costos de energía de un período con otro.

En la sección de Apéndices se muestra la Tabla 12.7 del cuadro de mando integral, además del cálculo con base a las proyecciones que pueden generar las implementaciones planteadas en las Tablas 12.9, 12.10 y 12.11. Los objetivos se plantean en la misma línea de mejora continua que la política energética. De acuerdo con esto se establecen los indicadores, basándose en el análisis y evaluación del sistema y, por medio de estos hallazgos, se observa de cuáles parámetros es necesarios tener una medición continua para lograr un mejor desempeño energético del sistema. En la perspectiva cliente no se desarrolló el desglose de la obtención de sus metas, dado que es un indicador que varía de acuerdo con el equipo que se evalúa. En la perspectiva de aprendizaje y motivación los indicadores son para un control de las capacitaciones de los empleados y validez participación para mejorar las prácticas de mantenimiento que aplican.

Tabla 7.1. Resumen del CMI

Perspectiva	Objetivo	Indicadores
<b>Financiera</b>	Elaborar un plan de seguimiento de los recursos energéticos del sistema de vapor del HSJD.	Tasa de decrecimiento del costo de producción de vapor.
<b>Cliente</b>	Entregar a las diferentes áreas del HSJD la disponibilidad total de los equipos mediante la correcta aplicación de planes de acción y OT.	Operabilidad del Sistema de Vapor.
		Fallas atendidas
<b>Procesos Internos</b>	Elaborar estrategias de mantenimiento, sistemas de monitoreo e implementaciones de diseño al sistema de vapor para reducir 1% - 20% de los costos de los costos de producción de vapor.  Gestar una estrategia que permita el cumplimiento del protocolo mensual de mantenimiento para la mejora del nivel de servicio del departamento por medio de la eficiencia de las OT y reducción de los costos de mantenimiento.	Índice energético con respecto a la producción de vapor.
		Valor porcentual del consumo de combustible según los costos totales de producción.
<b>Aprendizaje y Motivación</b>	Capacitar al personal de calderas constantemente para su motivación y la mejora de los procesos de mantenimiento mediante charlas y talleres.	Encuestas al Personal.
		Tasa de Participación en Formaciones.
	Incrementar el control del sistema de vapor por medio del monitoreo periódico de los procesos.	Implementación de bases de datos estadísticas, sistemas de monitoreo en tiempo real.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2020

### 7.1.3. Apoyo

Para la elaboración del MGE el apoyo a nivel humano es indispensable para cumplir con los requisitos de los objetivos descritos en la sección anterior. La competencia debe ir en función, nivel y los roles de cada involucrado del sistema, así como la alta gerencia para la realización de los trabajos que afectan el desempeño energético. La formación es primordial para lograr la competencia, los miembros deben estar motivados a desarrollar, mantener y mejorar continuamente sus conocimientos. A nivel de tecnología es importante el apoyo de la gerencia para implementar infraestructura, equipos o sistemas de recopilación de datos que logren un mejor desempeño del modelo de gestión energética.

#### **7.1.5. Hacer**

Para esta sección del modelo se implementan todas las mejoras del sistema, en materia de planes de acción, así como de diseño. En el capítulo 6 del documento se presenta, por un lado, la descripción de las medidas implementadas, como lo son los planes de acción de gestión para las trampas de vapor. Así mismo se muestran las mejoras tecnológicas como lo son sistemas de monitoreo para las trampas de vapor y en diseño el estudio realizado para la implementación de la caldera de biomasa que reemplace el 75% de consumo energético del sistema para disminución de costos de producción y de GEI en materia ambiental.

Esta sección incluye un proceso de capacitación al personal del HSJD de los planes planteados, sistemas propuestos, control de operaciones e intervenciones para la mejora continua y centrar la importancia de la capacitación en el DIM y del impacto positivo del modelo de gestión en el departamento.

#### **7.1.5. Verificación**

Esta sección consiste en el seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético del sistema con base en los indicadores, que mostrarán las mejoras a mediano y largo plazo. En periodos de tiempo establecidos por la institución, se deben realizar auditorías internas por parte del departamento para cuantificar la energía y llegar a conclusiones, ver los resultados de los indicadores y de los sistemas tecnológicos, así como las medidas de diseño.

#### **7.1.6. Actuar**

Finalmente, la última sección, es la mejora continua de los resultados obtenidos, para aprender de lo medido y realizar los cambios necesarios para la reducción de consumo de energía, el progreso hacia las metas energéticas y del sistema de gestión. En esta sección se dan recomendaciones para las futuras mediciones, se plantean mejoras del desempeño energético para los próximos periodos según los resultados obtenidos.

## 7.2. ANÁLISIS AMBIENTAL

En esta sección se analiza el impacto ambiental de las propuestas planteadas para el modelo. La sostenibilidad energética con un bajo nivel de emisiones de GEI se ve reflejada en una política energética, la cual se basa en una gestión sistemática del uso de fuentes limpias y renovables, para de este modo, disminuir los aumentos en el consumo de manera consistente, con una optimización de los procesos y aumento de la eficiencia energética y generar un mejor manejo de los combustibles fósiles. Con la disminución de la facturación de combustible se promueve una mejor calidad del proceso y de los servicios.

El sector energético del país produce cerca del 80% de las emisiones totales de GEI, por lo que se están sumando esfuerzos para revertir las tendencias del cambio climático. Sin embargo, tener un equilibrio entre lo ambiental, económico, energético y social, no es sencillo. Por eso el modelo de gestión energética con los planes de acción en materia de gestión e implementación propone una mejor optimización de los recursos para disminuir estos efectos ambientales provocados por combustibles de origen fósil.

Con estas prácticas de gestión de las trampas de vapor y los sistemas de monitoreo se pueden tener reducciones de combustible búnker de 10 litros/hora por cada trampa que opere de manera satisfactoria. Este ahorro en el combustible genera una disminución en la generación de GEI por el sistema de calderas para calentar agua de alimentación.

Adicionalmente la biomasa genera muchas oportunidades y el país como tal tiene muchas alternativas sostenibles para apoyar e impulsar estas propuestas y de este modo promover las energías renovables. De acuerdo con el Tecnológico de Costa Rica (2018) en su revista “Pensis, Biomasa un futuro prometedor” la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, siglas en inglés), indican que la biomasa puede representar el 60% del uso de energía renovable para 2030, con gran potencial en muchos sectores. Por eso la producción de energía mediante biomasa presenta ventajas en materia ambiental y de eficiencia energética. Con la implementación de la caldera de biomasa se pueden reducir el consumo de litros de búnker y de este modo los GEI generados por el combustible como tal, como se observa en la Gráfica 7.1, la barra azul representa el consumo total energético por



combustible búnker y su generación de GEI, mientras que la barra naranja representa la generación de GEI por medio de la biomasa.

Esta generación de GEI se presenta según el consumo energético y tipo de combustible usado de acuerdo con su factor de emisión, donde la generación de emisiones contaminantes por parte de la biomasa representa casi un 74% (4440 toneladas CO<sub>2</sub>) de reducción en comparación con el búnker, esto genera una huella verde al ambiente y energía limpia. Para poder obtener las toneladas de CO<sub>2</sub> por combustible se utilizan los factores de emisión de la Tabla 7.2 y la Ecuación 4.2.

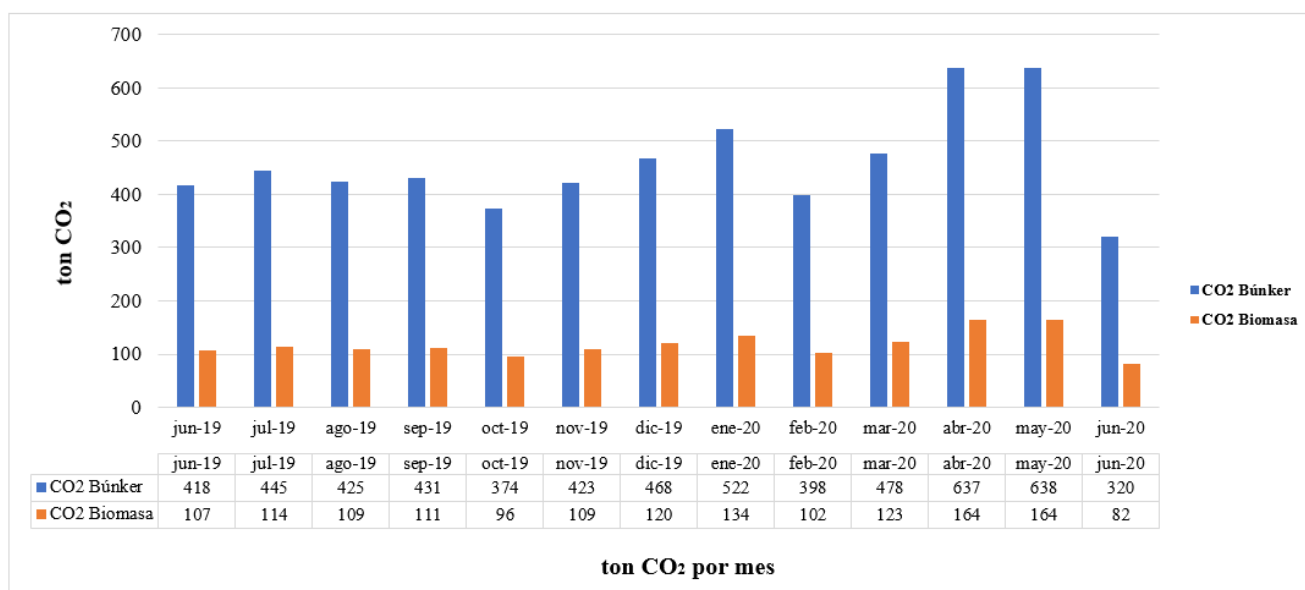
Por otro lado, los árboles, así como vegetación y plantas son de gran importancia en la absorción de CO<sub>2</sub> que es uno de los principales GEI producidos en los procesos. Cada árbol tiene distinta capacidad para poder absorber el CO<sub>2</sub>, que varían según la localización, tamaño, y otros factores. De acuerdo con Arias (2018) un estudio desarrollado en Chile por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), la cual establece estándares sobre la cantidad de CO<sub>2</sub> que pueden absorber especies de árboles; por ejemplo, el eucalipto presenta la mayor capacidad de absorber con 29,9 por hectárea cultivada al año.

$$\text{Hectáreas de Eucalipto} = \frac{\sum \text{Ton CO}_2 \text{ al año}}{29,9 \times \frac{\text{Ton CO}_2 \text{ al año}}{\text{ha}}}$$

*Ecuación 7.1. Hectáreas de eucalipto necesarias*

Fuente: (Miranda, 2014)

Con base a la Ecuación 7.1 se puede calcular las hectáreas de árboles de eucalipto que se necesitan plantar para que puedan absorber el CO<sub>2</sub> proveniente del uso de combustibles. Según la Tabla 7.3 se observa que para poder absorber 5977 toneladas de CO<sub>2</sub> producidos en el último año por medio del combustible de búnker, se necesita sembrar 200 hectáreas de eucalipto. Sin embargo, se necesita sembrar 51 hectáreas de eucalipto para absorber 1536 toneladas de CO<sub>2</sub> que se producen por el uso de combustible de biomasa. Para el cálculo de las toneladas de CO<sub>2</sub> de biomasa se considera las toneladas de CO<sub>2</sub> de las calderas restantes y la caldera de biomasa.



Gráfica 7.1. Emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>) Búnker C vs Biomasa (chips de madera)

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Tabla 7.2. Factores de emisión de los combustibles

Combustible	kgCO <sub>2</sub> /L	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
Diésel	2,613	-
GLP	1,611	-
Búnker C	3,101	-
Biomasa	-	2,15

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, Instituto Meteorológico Nacional (IMN) 2020

Tabla 7.3. Hectáreas de árboles de Eucalipto necesarios para absorber el CO<sub>2</sub> de cada combustible

Rubro	Búnker	Biomasa
ton CO <sub>2</sub> /Año	5 977	1 536
<b>29,9 ton CO<sub>2</sub>/Año/ha</b>	29,9	29,9
<b>Hectáreas Sembradas</b>	200	51

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

### 7.3. ANÁLISIS ENERGÉTICO Y FINANCIERO

En esta sección se analiza el impacto energético y financiero para el sistema según las implementaciones que se proponen para el modelo de gestión. Primero se describen los ahorros que conlleva la aplicación de los planes de acción para la gestión de las trampas de vapor y los instrumentos de monitoreo, posteriormente la implementación de la caldera de biomasa.

Dentro del análisis financiero de las propuestas a implementar se contemplan diversas decisiones. Dado que el HSJD es una institución pública del estado, para los proyectos de inversión no maneja variables o criterios de inversión como los mencionados en la Sección 3 del marco energético, ya que sus proyectos se enfocan en necesidades para cubrir de manera inmediata. Por ende, ya que el hospital no maneja tasa de rendimiento, se establece una tasa de 9,273% basado en la curva de rendimiento soberana de 10 años del Banco Central de Costa Rica, para la semana del 04/11/20 al 10/11/20.

Con respecto a los criterios de inversión de las propuestas empleadas, se analizan y se comparan los ahorros energéticos generados, el período de retorno en el que se paga la inversión inicial y se empiezan a generar ingresos, la tasa interna de retorno y el valor actual neto para ver la rentabilidad del proyecto. Para el VAN se sigue la siguiente regla:

- a)  $VAN > 0$ ; el proyecto se acepta.
- b)  $VAN < 0$ ; el proyecto se rechaza.
- c)  $VAN = 0$ ; se puede o no aceptar.

Cuando el VAN es igual o superior a cero se garantiza que el proyecto va a tener ganancias en unidades monetarias y a valor presente del proyecto de inversión y de este modo generar ingresos para la institución. Para el TIR se siguen las siguientes reglas:

- a)  $TIR \geq k$ ,  $VAN \geq 0$ , el proyecto se acepta.
- b)  $TIR < k$ ,  $VAN < 0$ , el proyecto se rechaza.
- c)  $TIR = 0$ ,  $VAN = 0$ , el proyecto se rechaza.

La constante  $k$  representa la tasa de rendimiento para cubrir los costos financieros de la fuente de inversión del proyecto, donde su origen es el Estado (CCSS). La tasa de rendimiento (TIR) por período debe ser mayor a la tasa de rendimiento y el VAN positivo

para que el proyecto se acepte, de esta manera se genera rentabilidad e ingresos netos sobre la inversión inicial. La tasa de aceptabilidad del proyecto se va a dar con un TIR mayor a 17% y un período de recuperación de la inversión aceptable menor a 5 años de retorno. Para el proyecto se va a manejar un tipo de cambio de 603,72 ¢/\$ según último dato reportado del Banco Central de Costa Rica reportado el 7 de noviembre de 2020.

### **Planes de acción para gestión de las trampas de vapor y los sistemas de monitoreo.**

Según los planes para la gestión de las trampas de vapor descritos en la Sección 6.1 y 6.2, por medio de inspecciones correctivas y preventivas se pueden generar ahorros energéticos que se desglosan de la siguiente manera: 811 de 544,23 kg/h, para las 849 de 241,88 kg/h y para las FT 43V de 3870,11 kg/h. Así mismo por el correcto funcionamiento de estas unidades se ahorra para el modelo 811 3 247,7 ¢/h, para 849 de 1443,42 ¢/h y para las FT 43V de 23 094,73 ¢/h. Ahora bien, con la aplicación de sistemas de monitoreo para las trampas de vapor, que facilitan la detección y diagnóstico mediante mantenimiento predictivo e industria 4.0 mediante el análisis inmediato de las unidades de trampeo, se pueden generar aparte los ahorros energéticos y económicos mencionados, optimización de tiempo y personal para mantenimiento enfocado en una de las debilidades del modelo como lo es falta de personal.

Según la Tabla 7.4 se observa el resumen financiero de la implementación de los sistemas de monitoreo para las trampas de vapor. Como se mencionó en la Sección 6.2, estos equipos se pueden instalar solamente en trampas de tipo balde invertido y que tengan una funcionalidad intermitente. El análisis financiero se fundamenta en la inoperancia de una sola trampa de vapor, del modelo 811 de Armstrong, debido a que es la trampa que se encuentra mayormente en el sistema.

Se quieren instalar 28 unidades AIM ST5700 de Armstrong localizados en la zona de lavandería y centro de equipos. Las 28 unidades se seleccionaron de acuerdo con el diagrama Pareto de las zonas más críticas de demanda del balance energético de la Sección 5.3 de este documento. Cabe mencionar que las zonas de rehabilitación y edificio de medicina no se tomaron en cuenta porque cuenta con trampas de tipo flotador y los sistemas de monitoreo de Armstrong solo operan correctamente para trampas de tipo balde invertido.

La inversión inicial es de 40 363 \$ y un aumento del costo de vapor de un 5%. En la Tabla 7.4 se muestra un ahorro anual de 31 416,13 \$ con la implementación de los sistemas de monitoreo. Además de un VAN de 201 478,24 \$ que es mayor a cero, por lo cual el proyecto de inversión es aceptable y rentable, con un periodo de recuperación de la inversión de 1 año y 3 meses, donde la inversión inicial se logra recuperar en menos de 5 años para que el proyecto logre ganancias después de este plazo. El TIR es de un 82,53% mayor al rendimiento exigido del proyecto para que finalmente se logre un éxito del proyecto de inversión para el sistema planteado. Otro punto para mencionar es el ahorro materia energética y financiera que se logran con la buena operación de estos equipos, que presentan una funcionalidad excelente pero las buenas prácticas de gestión y mantenimiento logran maximizar su desempeño.

En la sección de Anexos, Tabla 12.11 se muestra el desglose del proyecto financiero aplicado para lograr los resultados financieros. En la sección de Apéndices se muestra la cotización realizada por parte de Monaro para los equipos solicitados.

Tabla 7.4. *Resumen financiero de la implementación de los sistemas de monitoreo para 28 de trampas de vapor*

<b>Rubro</b>	<b>Año 1</b>
Condensado (kg/h)	544,23
Costo kg Vapor hora (\$)	0,0099
<b>Ahorro Diario (\$)</b>	86,07
<b>Ahorro Anual (\$)</b>	31 416,13
<b>Periodo de Recuperación</b>	1,27
<b>VAN (\$)</b>	201 478,24
<b>TIR</b>	82,53%

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Inicialmente se realizó la cotización para 28 trampas, justificándose por la criticidad de las unidades que están operando actualmente, dado la rentabilidad de la inversión se decide hacer el análisis para la totalidad de las trampas analizadas tipo balde invertido. En la Tabla 7.5 se observa el resumen financiero de los sistemas de monitoreo, pero en esta ocasión para la totalidad de las trampas examinadas del HSJD (61), el cual presenta una inversión inicial de 87 877 \$, con un VAN de 273 676,42 \$ (al ser mayor a cero la inversión es rentable), con

un periodo de recuperación de la inversión de 2 años y 8 meses, donde la inversión inicial se logre recuperar en menos de 5 años para que el proyecto sea rentable y logra ganancias posteriormente. El TIR es de un 38,51% mayor al rendimiento exigido del proyecto para que finalmente se logre un éxito del proyecto de inversión para el sistema planteado.

Es importante mencionar que el fin de este análisis es evidenciar las ganancias que trae consigo la buena operación de estos equipos para el sistema, las trampas de vapor son unidades que generan ahorros al sistema, pero su inoperancia puede generar gastos a corto, mediano y largo plazo.

Tabla 7.5. *Resumen financiero de la implementación del sistema de monitoreo para 61 de trampas de vapor*

<b>Rubro</b>	<b>Año 1</b>
Condensado (kg/h)	544,23
Costo kg Vapor hora (\$)	0,0099
<b>Ahorro Diario (\$)</b>	<b>86,07</b>
<b>Ahorro Anual (\$)</b>	<b>31 416,13</b>
Periodo de Recuperación	2,68
VAN (\$)	273 676,42
TIR	38,51%

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

### **Caldera de Biomasa**

Para la implementación de la caldera de biomasa en reemplazo del 75% consumo energético de vapor del HSJD por motivos de la crisis financiera que pasa el país y de la crisis de salud a nivel mundial que pasa durante el 2020 y se proyecta extenderse hasta el 2021, se generan diversos factores que financieramente dificultan la implementación, uno de estos factores es la caída de los precios de búnker desde finales del 2019 hasta finales del 2020 con una tendencia a la baja pero con proyección a subir para el 2021 y 2022 a sus valores habituales, esto se ve influenciado según los planes de acción del Banco Central de Costa Rica para enfrentar la crisis. Se puede proyectar el valor del precio del litro de búnker de acuerdo con la tendencia que se reportaban hasta mediados del año 2019 para efectos del proyecto justificado por los efectos adversos que se viven actualmente por las crisis

(Comunicación personal, Departamento de Servicio al Cliente de RECOPE, J. Castrillo, octubre 19, 2020).

Por eso, al desarrollar la implementación de la caldera, comenzado en el periodo de 2020 sus primeros años no reportarían los ahorros energéticos proyectados según la tendencia, por lo cual se plantea tomar un valor de precio de litro de búnker de  $\text{C}\$299,9073$  el litro, sumándole un costo por transporte de  $\text{C}\$0,0218/\text{litro}$ . De igual manera se proyectan los costos de búnker de 2022 a 2032 en un periodo de 10 años de análisis que se desarrolla el proyecto, según Arias (2018) la tendencia de combustible tiene un aumento de 6,7% de acuerdo con los datos de los últimos 20 años de RECOPE.

Por otra parte, Pelletics empresa con la cual se está realizando la base de los precios del combustible de biomasa proyecta un 3% de incremento de los precios por tonelada anual (Comunicación personal, Departamento de Ventas de Pelletics, J. Sauma, octubre 19, 2020). Los estudios financieros realizados se proyectan a 10 años en la sección de Anexos Tabla 12.12 y 12.13, se encuentran los análisis desglosados del proyecto financiero de la caldera.

En materia energética la implementación de la caldera de biomasa trae consigo ahorros energéticos por la sustitución del búnker, en la Sección 6.3 se hace un análisis de los ahorros monetarios basados en el consumo neto de dicho combustible en comparación del uso de biomasa. En la Tabla 7.6 se pueden observar los ahorros de combustible búnker que se evitan por la sustitución de biomasa. Se generan 149 875 295,4 kcal/días netos que equivalen a un total de búnker que evita que se genere de 3258 gal/día.

Tabla 7.6. *Consumo de búnker evitado por sustitución de vapor*

<b>Sustitución del 75% de Consumo Energético</b>	
Entalpía de Vapor @100 psi (173°C) (kJ/kg)	2775,65
Entalpía de Vapor @100 psi (173°C) (kcal/kg)	662,95
Poder Calorífico de Búnker (kcal/kg)	42,2
Densidad del Búnker (kg/m <sup>3</sup> )	951
Generación de vapor (kg/día)	226 072
Total de Energía Producida (kcal/día)	149 875 295,40
<b>Sustitución de Vapor de 75% (kcal/día)</b>	<b>112 406 471,55</b>
<b>Búnker evitado por sustitución 75% (gal/día)</b>	<b>3 258</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

El HSJD es un ente público, por lo cual tiene exoneración de impuesto; es decir, valor agregado (IVA) en el análisis financiero de la caldera de biomasa no se considera. En la Tabla 7.7 se muestra el desglose de la inversión del proyecto, para un total de 1 625 869,38 \$ sin secador y de 2 025 869,38 \$ con secador. En la sección de Apéndices se muestra la cotización realizada por la empresa Hurst Boiler & Welding Co.Inc para el proyecto. La inversión inicial considera el costo de la caldera con todos sus sistemas de alimentación y almacenamiento, además de un desaireador, un piso móvil de alimentación y un secador para que el combustible quemado esté a la humedad correcta. Otro punto para tomar en consideración que no se contempla en la inversión es la obra civil de 150 000 \$. Esta es toda la infraestructura que se necesita para que los equipos funcionen tanto el cuarto de calderas como el silo de almacenamiento de biomasa.

Tabla 7.7. *Costo de la Inversión Inicial*

<b>Cantidad</b>	<b>Rubro</b>	<b>Costo</b>
1	Caldera	\$1 014 035
1	Deaerator	\$73 500
1	Silo de Almacenamiento	\$32 300
1	3 Section Walking Floor	\$167 750
1	Chemical Feed System	\$18 976
1	Flete	\$50 000
1	Transporte al Hospital	\$25 000
1	Instalación, permisos y puesto en marcha	\$150 000
1	Project Management	\$94 308,64
<b>Total de la Inversión sin Secador</b>		<b>\$1 625 869,38</b>
1	Secador	\$400 000
<b>Total de la Inversión con Secador</b>		<b>\$2 025 869,38</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020, Hurst Boiler

Para comprender mejor la situación del escenario de la caldera de biomasa la tabla 7.8 muestra los gastos totales de la generación de vapor con un consumo del 100% de búnker para el año 2022, además de un costo de mantenimiento de 2000 \$ mensuales para ambas calderas y gastos anuales de 907 858, 62 \$.



Tabla 7.8. *Costos anuales del consumo de Búnker*

<b>Rubro</b>	<b>Año 1</b>
Costo Mensual Ordinario de Búnker (\$)	73 654,88
Mantenimiento Mensual (\$)	2 000,00
<b>Gasto Mensuales (\$)</b>	<b>75 654,88</b>
<b>Gasto Anual (\$)</b>	<b>907 858,62</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Ahora bien, según la Tabla 7.10, con el uso de biomasa en sustitución de un 75% del consumo energético genera ahorros anuales de 361 717,37 \$, el costo de chips de madera es de 46,38 \$/ton incluido el transporte al hospital y, un costo de mantenimiento mensual de 2645,52 \$.

Tabla 7.9. *Costos anuales proyectados del consumo de la caldera de biomasa y las 2 calderas de Búnker*

<b>Rubro</b>	<b>Año 1</b>
Costo Chips de Madera/Mensual (\$)	24 452,53
Costo Búnker/Mensual (\$)	18 413,72
Mantenimiento Mensual (\$)	2 645,52
<b>Gasto Mensuales (\$)</b>	<b>45 511,77</b>
<b>Gasto Anual (\$)</b>	<b>546 141,25</b>
<b>Ahorros Anual (\$)</b>	<b>361 717,37</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Escenario sin secador se generan los siguientes criterios financieros:

- a) VAN: 1 674 653,59 \$.
- b) TIR: 26,27%
- c) PR: 3,92 años

Escenario con secador se generan los siguientes criterios financieros:

- d) VAN: 1 274 653,59 \$.
- e) TIR: 20,27%
- f) Período de Recuperación: 4,70 años

Estos criterios generan un proyecto muy viable, para ambos escenarios con un VAN positivo, mayor a cero que indica que se cubre la inversión inicial, genera una rentabilidad sobre los recursos propios de un 9,273% y una ganancia de \$1 274 653,59. El proyecto de inversión genera una tasa de rendimiento promedio de 20,27%; esto quiere decir, que el proyecto genera ganancia sobre la inversión inicial, además el período de recuperación de la inversión inicial se da 4 años y 10 meses, la cual muestra la liquidez del proyecto. El proyecto tiene un período de recuperación de 4,70 años y tomando la vida útil de las calderas calculada en la Sección 4.6, quedan 15,3 años para generar ahorros, ya que el fabricante asegura una vida útil del equipo de 15 años y que se puede alargar a 20 años más con buenos mantenimientos.

Las implementaciones de planes de acción y sistemas de monitoreo para las trampas de vapor generan un ahorro económico de un 1% a 2%, de los costos de producción de vapor. Así mismo la implementación de la caldera de biomasa puede generar ahorros económicos sobre los costos de producción actuales mayores a un 20%.

## 8. CONCLUSIONES

---

1. Mediante el análisis del contexto actual de la red de vapor se concluye que el sistema de vapor está sobredimensionado, que presenta costos promedios mensuales del sistema operativo entre el período de junio de 2019 a junio de 2020 de (eléctrico) 1 214 895 $\text{C}$ , (agua) 2 528 845 $\text{C}$ , (combustible) 30 917 267,97 $\text{C}$  y (mantenimiento) 6 319 370 $\text{C}$ , además de que cuenta con un sistema de trampeo con más de 55 unidades de las cuales 5 de las inspeccionadas, presentaron problemas operacionales.
2. Mediante la evaluación energética se logró establecer la demanda energética de vapor diaria de 226 072,31 kg/h (498 403,54 lb/h), además de los porcentajes de consumo energético por complejo hospitalario, donde el HSJD representa un 26,03%, lavandería 37,86%, HNN 18,25% y el HRBC DE 17,86%. Se concluye que los costos mensuales promedio de producción de vapor son de 40 980 377,87  $\text{C}$  y los unitarios de 5,97  $\text{C}/\text{kg}$ , además de que las pérdidas de condensado de las trampas de vapor son desde 241,88 kg/h hasta 3870,11 kg/h y su costo económico desde 1 443,42  $\text{C}/\text{h}$  hasta 23 094,73  $\text{C}/\text{h}$ .
3. Se concluye que mediante el desarrollo de la política energética se establecieron objetivos, metas y planes de acción aplicando la norma ISO 50 001 y el CMI, donde por medio de los indicadores energéticos se muestra una tasa de decrecimiento de los costos de producción de vapor de 3,63% hasta un 24,97%, un índice energético de costos de producción de 17,97 hasta el 0,24 y un valor porcentual del combustible sobre los costos de producción de 1% al 5%.
4. La implementación de planes de acción para la gestión de trampas de vapor y mediante los sistemas de monitoreo en tiempo real por medio del modelo sistemático permiten ahorros energéticos de 533,26 kg/h, 10 l/h búnker tipo C y económicos de 3 247,79  $\text{C}/\text{h}$ . Mediante el análisis financiero sobre la proyección de inversión de los sistemas de monitoreo de las trampas de vapor se establecen 3 criterios como lo es el VAN de 273 676, 41 \$, un TIR de 38,51% y un periodo de recuperación de 2,68 años, que muestran los resultados positivos de poner en funcionamiento los sistemas para la detección y diagnóstico de las 61 unidades de trampeo.

5. La implementación de la caldera de biomasa genera ahorros económicos anuales de 359 181,64 \$ y una disminución de los GEI en un 74% que representa 4440 toneladas de CO<sub>2</sub>. Mediante el análisis financiero realizado a la implementación de la caldera de biomasa, se establecieron 3 criterios como lo es el VAN que genera una rentabilidad de 9,273% sobre la inversión inicial y ganancias de 1 274 653,59 \$, un TIR de 20,27% y un periodo de recuperación de 4,70 años, lo que muestra resultados positivos para el sistema escogido y que el proyecto se considera aceptable.

## 9. RECOMENDACIONES

---

1. Llevar un control de los costos de producción de vapor mediante una base de datos con la actualización de los registros mensuales.
2. Implementar un sistema de identificación de los equipos para la realización de un mejor mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.
3. Para el desarrollo de un modelo de gestión sistemático basado en una política energética del sistema de vapor, es de vital importancia el compromiso de la gerencia del DIM, por medio de esto se pueden establecer nuevas metas y objetivos de acuerdo con la institución, de manera que permita el desempeño energético y la mejora continua.
4. Se recomienda la implementación de un medidor de flujo de vapor para llevar un mejor control y diagnóstico de las demandas de vapor.
5. Se recomienda la recopilación de datos anuales para el control de los indicadores energéticos y de este modo revisar los objetivos y metas propuestos en el MGE en períodos de tiempo establecidos por gerencia.
6. Se recomienda contratar un equipo para la instalación de los equipos de monitoreo en tiempo real de las trampas de vapor.
7. Establecer contratos anuales sobre la compra del combustible de biomasa para asegurar disponibilidad de combustible.
8. Realizar un estudio de ampliación de obra civil a la planta de calderas para la instalación de la caldera biomasa y del secador.
9. Los indicadores energéticos propuestos por cada perspectiva permiten medir el desempeño energético del sistema y las variaciones en periodos a corto, mediano y largo plazo para, de este modo, poder mantener un control de las bases energéticas y financieras del sistema de vapor.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Agencia Internacional de Energía. (2016). Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos. *AIE*, 211.
- Araya, M. Z. (2014). *Elaboración de una guía práctica para el uso eficiente de la energía en empresas miPYMES del sector alimenticio en Costa Rica*. Cartago: TEC.
- Arias, J. R. (2018). *Estudio de viabilidad financiera, ambiental y energética para la sustitución de una de las calderas de búnker por una de biomasa en la Planta San Rafael de la empresa Cargill Costa Rica*. Cartago: TEC.
- Armstrong. (1998). Guía de Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados. *Armstrong International*, 54.
- Caja Costarricense del Seguro Social. (2019). Plan Estratégico Institucional 2019-2022. *Plan Estratégico Institucional*, 46.
- CCSS. (s.f.). *Hospital San Juan de Dios*. Recuperado el 20 de junio de 2020 de <https://www.ccss.sa.cr/>
- centrax. (s.f.). *centrax.mx*. Recuperado el 06 de octubre de 2020 de [centrax.mx](https://www.centrax.mx/): <https://www.centrax.mx/>
- Chicago Dryer Company. (s.f.). *Chicago Dryer: The Global Leader in Flatwork Finishing*. Recuperado el 06 de octubre de 2020 de <https://www.chidry.com/>
- Fernández Arias , D., Marín Hernández, J., & Loaiza Pereira, S. (2020). *Modelo de Gestión de Mantenimiento para la empresa TICO – KRISPIS*. Cartago: TEC.
- Gamboa, Y. A. (2014). *Justificación de la sustitución de una caldera de bunker por una caldera de biomasa por Eco Solutions en Bridgestone de Costa Rica*. Cartago.
- Garro, A. (s.f.). Calderas. *Folleto de Calderas*, 63.
- Hildebrandt.cl . (s.f.). *Hildebrandt Gruppe*. Recuperado el 10 de setiembre de 2020 de <https://www.hildebrandt.cl/>
- Hubbell Electric Heater Company. (s.f.). *Hubbell Water Heaters*. Recuperado el 06 de octubre de 2020 de <https://hubbellheaters.com/model/st/>
- Hurst Boiler . (s.f.). *Hurst Boiler and Welding Inc* . Recuperado el 6 de noviembre de [https://www.hurstboiler.com/boilers/solid\\_fuel\\_fired/hybrid\\_hd](https://www.hurstboiler.com/boilers/solid_fuel_fired/hybrid_hd)
- Kaplan, R., & Norton, D. (2007). *Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System*. Massachusetts : Harvard Business Review.

- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. *Plan Nacional de Energía*, 150.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad. (2001). *REGLAMENTO DE CALDERAS*. San José: Decreto N° 26789.
- Miranda, Y. (2014). *Justificación de la sustitución de una caldera de bunker por una caldera de biomasa por Eco Solutions en Bridgestone de Costa Rica*. Cartago : TEC.
- Norma COVENIN 3049-93. (1993). *Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria*. Venezuela.
- Norma INTE/ISO 50 002. (2018). Auditorías energéticas — Requisitos. *INTE/ISO 50002* , 33.
- Norma INTE/ISO 50 006. (2014). Sistema de Gestión Energética - Medir Rendimiento Energético utilizando Líneas Base de Energía (LBEn) e Indicadores de Desempeño Energético (IDEn). *INTE/ISO 50006*, 40.
- Norma INTE/ISO 50001. (2018). Sistemas de Gestión de la Energía - Requisitos con Orientación para su uso. *Norma INTE/ISO*, 46.
- Palacios, J., Peña, A., e Hidalgo, V. (2015). Técnicas de Gestión Energética en Sistemas de Vapor. *Revista Politécnica*, 8.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Bogotá.
- Spirax Sarco. (s.f.). *Vapor para la Industria* . Recuperado el 02 de octubre de 2020 de Vapor para la Industria : <https://vaporparalaindustria.com/>
- Tecnológico de Costa Rica. (2018). *Pensis - Biomasa un futuro prometedor* . Cartago: TEC.
- TLV. (s.f.). *TLV Internacional, Inc.* . Recuperado el 19 de octubre de 2020 de <https://www.tlv.com/global/LA/calculator/energy-unit-cost.html>
- Tuttnauer: Autoclave Manufacturer & Plasma Sterilizer Manufacturer . (22 de marzo de 2016). *tuttnauer.com*. Recuperado el 10 de octubre de 2020 de <https://tuttnauer.com/medical-autoclaves/hospital-cssd/large-autoclaves/5596>

# 11. APÉNDICES

## 11.1. TABLAS PARA ESTIMACIÓN DE VAPOR

Tabla 2. Saturación (presión) (cont.)

P (bar)	t (°C)	$\rho_l$	$\rho_g$	$h_l$	$h_g$	r	$s_l$	$s_g$	$\phi$	$v_l$ ( $\times 10^3$ )	$v_g$ ( $\times 10^3$ )
1.5	111.378	949.94	0.8624	467.18	2693.4	2226.2	1.43376	7.2232	5.7894	1.05270	1159.5
1.6	113.327	948.44	0.9161	475.44	2696.3	2220.9	1.45516	7.2016	5.7465	1.05437	1091.6
1.7	115.177	946.99	0.9696	483.28	2699.1	2215.8	1.47536	7.1814	5.7060	1.05598	1031.4
1.8	116.941	945.60	1.0228	490.77	2701.7	2210.9	1.49459	7.1623	5.6677	1.05753	977.7
1.9	118.626	944.26	1.0759	497.94	2704.2	2206.2	1.51289	7.1443	5.6314	1.05903	929.4
2.0	120.241	942.96	1.1289	504.80	2706.5	2201.7	1.53035	7.1272	5.5968	1.06049	885.9
2.1	121.790	941.71	1.1816	511.39	2708.8	2197.4	1.54706	7.1109	5.5639	1.06190	846.3
2.2	123.281	940.49	1.2342	517.74	2710.9	2193.2	1.56307	7.0954	5.5324	1.06328	810.2
2.3	124.717	939.31	1.2867	523.86	2713.0	2189.1	1.57846	7.0806	5.5022	1.06461	777.2
2.4	126.103	938.16	1.3390	529.77	2715.0	2185.2	1.59326	7.0664	5.4732	1.06592	746.8
2.5	127.443	937.04	1.3912	535.49	2716.8	2181.4	1.60753	7.0528	5.4453	1.06719	718.8
2.6	128.740	935.95	1.4433	541.03	2718.7	2177.6	1.62130	7.0398	5.4185	1.06843	692.9
2.7	129.997	934.89	1.4953	546.40	2720.4	2174.0	1.63462	7.0272	5.3926	1.06965	668.8
2.8	131.217	933.85	1.5471	551.61	2722.1	2170.5	1.64751	7.0151	5.3676	1.07084	646.4
2.9	132.403	932.83	1.5989	556.68	2723.7	2167.0	1.66000	7.0034	5.3434	1.07200	625.4
3.0	133.555	931.84	1.6505	561.61	2725.3	2163.7	1.67211	6.9921	5.3200	1.07315	605.9
3.1	134.677	930.87	1.7021	566.41	2726.8	2160.4	1.68388	6.9812	5.2973	1.07427	587.5
3.2	135.770	929.92	1.7536	571.10	2728.3	2157.2	1.69532	6.9706	5.2753	1.07537	570.3
3.3	136.835	928.98	1.8049	575.66	2729.7	2154.0	1.70645	6.9603	5.2539	1.07645	554.0
3.4	137.875	928.07	1.8562	580.12	2731.1	2150.9	1.71729	6.9504	5.2331	1.07751	538.7
3.5	138.891	927.17	1.9074	584.48	2732.4	2147.9	1.72785	6.9407	5.2129	1.07855	524.27
3.6	139.883	926.29	1.9586	588.74	2733.7	2144.9	1.73815	6.9313	5.1931	1.07958	510.58
3.7	140.853	925.42	2.0096	592.91	2734.9	2142.0	1.74820	6.9222	5.1739	1.08059	497.61
3.8	141.803	924.57	2.0606	596.99	2736.2	2139.2	1.75802	6.9132	5.1552	1.08158	485.29
3.9	142.732	923.73	2.1115	600.99	2737.4	2136.4	1.76762	6.9046	5.1370	1.08256	473.59
4.0	143.643	922.91	2.1624	604.90	2738.5	2133.6	1.77700	6.8961	5.1191	1.08353	462.46
4.2	145.410	921.30	2.2639	612.51	2740.7	2128.2	1.79517	6.8798	5.0846	1.08542	441.72
4.4	147.111	919.74	2.3651	619.85	2742.9	2123.0	1.81260	6.8642	5.0516	1.08727	422.81
4.6	148.751	918.22	2.4662	626.92	2744.9	2117.9	1.82935	6.8493	5.0200	1.08906	405.48
4.8	150.335	916.75	2.5670	633.76	2746.8	2113.0	1.84548	6.8351	4.9896	1.09082	389.56
5.0	151.866	915.31	2.6677	640.38	2748.6	2108.2	1.86104	6.8214	4.9604	1.09253	374.86
5.2	153.350	913.91	2.7681	646.80	2750.4	2103.6	1.87606	6.8082	4.9322	1.09421	361.26
5.4	154.788	912.54	2.8684	653.03	2752.0	2099.0	1.89059	6.7955	4.9049	1.09585	348.63
5.6	156.185	911.20	2.9685	659.09	2753.7	2094.6	1.90466	6.7833	4.8786	1.09746	336.87
5.8	157.542	909.89	3.0685	664.97	2755.2	2090.2	1.91831	6.7715	4.8532	1.09903	325.89
6.0	158.863	908.61	3.1683	670.71	2756.7	2086.0	1.93155	6.7601	4.8285	1.10058	315.63
6.2	160.148	907.36	3.2680	676.30	2758.1	2081.8	1.94441	6.7490	4.8046	1.10210	306.00
6.4	161.402	906.13	3.3676	681.75	2759.5	2077.7	1.95693	6.7383	4.7813	1.10360	296.95
6.6	162.624	904.92	3.4670	687.07	2760.8	2073.7	1.96910	6.7279	4.7588	1.10507	288.43
6.8	163.817	903.74	3.5663	692.27	2762.1	2069.8	1.98097	6.7178	4.7368	1.10651	280.40
7.0	164.983	902.58	3.6655	697.35	2763.3	2066.0	1.99254	6.7079	4.7154	1.10794	272.81
7.2	166.123	901.44	3.7647	702.33	2764.5	2062.2	2.00382	6.6984	4.6945	1.10934	265.63
7.4	167.237	900.31	3.8637	707.20	2765.7	2058.5	2.01485	6.6891	4.6742	1.11072	258.82
7.6	168.328	899.21	3.9626	711.97	2766.8	2054.8	2.02561	6.6800	4.6544	1.11209	252.36
7.8	169.397	898.12	4.0615	716.64	2767.9	2051.2	2.03614	6.6711	4.6350	1.11343	246.22
8.0	170.444	897.05	4.1603	721.23	2768.9	2047.7	2.04644	6.6625	4.6161	1.11476	240.37
8.2	171.470	896.00	4.2590	725.73	2769.9	2044.2	2.05652	6.6541	4.5976	1.11607	234.80
8.4	172.477	894.96	4.3576	730.14	2770.9	2040.7	2.06639	6.6459	4.5795	1.11736	229.49
8.6	173.465	893.94	4.4561	734.48	2771.8	2037.3	2.07606	6.6378	4.5617	1.11864	224.41
8.8	174.436	892.93	4.5546	738.74	2772.7	2034.0	2.08554	6.6299	4.5444	1.11991	219.56
9.0	175.388	891.94	4.6531	742.93	2773.6	2030.7	2.09484	6.6222	4.5274	1.12116	214.91
9.2	176.325	890.96	4.7515	747.05	2774.5	2027.4	2.10396	6.6147	4.5107	1.12239	210.46
9.4	177.245	889.99	4.8498	751.10	2775.3	2024.2	2.11292	6.6073	4.4944	1.12361	206.19
9.6	178.150	889.03	4.9481	755.09	2776.2	2021.1	2.12171	6.6000	4.4783	1.12482	202.10
9.8	179.040	888.09	5.0463	759.01	2776.9	2017.9	2.13035	6.5929	4.4626	1.12602	198.17

Fuente: Tomado de <https://www.tlv.com/global/LA/>



Tabla 50-1. Propiedades Físicas de Líquidos y Sólidos

	Líquido (L) o Sólido (S)	Gravedad Específica @15-20°C	Calor Específico @15°C kJ/kg·°C		Líquido (L) o Sólido (S)	Gravedad Específica @18-20°C	Calor Específico @15°C kJ/kg·°C
Aceite de linaza	L	0.93	1.84	Ladrillería & mampostería	S	1.6 - 2.0	0.92
Aceite de semilla de algodón	L	0.95	1.97	Lana	S	1.32	1.36
Aceite de soja	L	0.92	1.00 - 1.38	Leche	L	10.3	3.77 - 3.89
Acero inoxidable, serie 300	S	8.04	0.50	Maderas, variedad de	S	0.35 - 0.9	3.77
Acero, medio a 21°C	S	7.90	0.46	Magnesio, 85%	L	0.208	1.13
Acetona, 100%	L	0.78	2.15	Manteca	S	0.92	2.68
Ácido acético, 10%	L	1.01	4.02	Miel	L		1.42
Ácido acético, 100%	L	1.05	2.01	Niquel	S	8.9	0.46
Ácido clorhídrico, 10% (muriático)	L	1.05	3.14	Papel	S	1.7 - 1.15	1.88
Ácido clorhídrico, 31.5% (muriático)	L	1.15	2.51	Parafina	S	0.86 - 0.91	2.60
Ácido fosfórico, 10%	L	1.05	3.89	Parafina, derretida	L	0.90	2.89
Ácido fosfórico, 20%	L	1.11	3.58	Pegamento, 2 partes agua y 1 parte pegamento seco	L	1.09	3.73
Ácido graso - esteárico	L	0.84	2.30	Pescado, fresco, promedio	S		3.14 - 3.43
Ácido graso - palmítico	L	0.85	2.73	Petróleo combustible No. 1 (keroseno)	L	0.81	1.97
Ácido nítrico, 10%	L	1.05	3.77	Petróleo combustible No. 2	L	0.86	1.84
Ácido nítrico, 60%	L	1.37	2.68	Petróleo combustible No. 3	L	0.88	1.80
Ácido nítrico, 95%	L	1.5	2.09	Petróleo combustible No. 4	L	0.90	1.76
Ácido sulfúrico, 110% (humeando)	L		1.13	Petróleo combustible No. 5	L	0.93	1.72
Ácido sulfúrico, 20%	L	1.14	3.52	Petróleo combustible No. 6	L	0.95	1.67
Ácido sulfúrico, 60%	L	1.50	2.18	Petróleo crudo, continental API	L	0.85	1.84
Ácido sulfúrico, 98%	L	1.84	1.47	Petróleo, gas API	L	0.88	1.76
Agua	L	1.00	4.19	Plomo	S	11.34	0.13
Agua de mar	L	1.03	3.94	Sacarosa, 40% miel de azúcar	L	1.18	2.76
Aguarrás, concentrado	L	0.86	1.76	Sacarosa, 60% miel de azúcar	L	1.29	3.10
Alcohol, etílico 95%	L	0.81	2.51	SAE - 20 (aceite lubricante # 20)	L	0.89	
Alcohol, metílico 90%	L	0.82	2.72	SAE - 30 (aceite lubricante # 30)	L	0.89	
Algodón, textil	S	1.5	1.34	SAE - SW (aceite lubricante # 8)	L	0.88	
Alquitrán de carbón (@5°C)	S	1.2	1.47	Salmuera - cloruro de calcio, 25%	L	1.23	2.88
Aluminio	S	2.64	0.96	Salmuera - cloruro de sodio, 25%	L	1.19	3.29
Amoniaco, 100%	L	0.61	4.61	Seda	S	1.25 - 1.35	1.38
Amoniaco, 26%	L	0.9	4.19	Tetracloruro de carbono	L	1.58	0.88
Anhidrido fetílico	L	1.53	0.97	Titanio (comercial)	S	4.50	0.54
Arce, miel de	L		2.01	Tolueno	L	0.86	1.76
Arcilla, seca	S	1.9 - 2.4	0.94	Tricloroetileno	L	1.62	0.90
Arena	S	1.4 - 1.76	0.80	Vegetales, frescos, promedio	S		3.06 - 3.94
Aroclor	L	1.44	1.17	Vidrio, lana de	S	0.072	0.66
Asbesto, placa de	S	0.88	0.80	Vidrio, pyrex	S	2.25	0.84
Asfalto	L	1	1.76	Vinos de mesa, promedio	L	1.03	3.77
Asfalto, sólido	S	1.1 - 1.5	0.9 - 1.67				
Azúcar, de caña & betabel	S	1.66	1.26				
Azufre	S	2.00	0.85				
Benceno	L	0.84	1.72				
Carbón	S	1.2 - 1.8	1.09 - 1.55				
Carne, fresca, promedio	S		2.93				
Cinc	S	7.05	0.40				
Cobre	S	8.82	0.42				
Coque, sólido	S	1.0 - 1.4	1.11				
Corcho	S	0.25	2.01				
Cuero	S	0.86 - 1.02	1.51				
Dowtherm A	L	0.99	2.64				
Dowtherm C	L	1.1	1.47 - 2.72				
Etilenglicol	L	1.11	2.43				
Fenol (ácido carbólico)	L	1.07	2.34				
Frutas, frescas, promedio	S		3.35 - 3.38				
Gasolina	L	0.73	2.22				
Glicerol, 100% (glicerina)	L	1.26	2.43				
Helado	S		2.93				
Hidróxido de sodio, 30%	L	1.33	3.52				
Hidróxido de sodio, 50% (ácido caústico)	L	1.53	3.27				
Hielo	S	0.9	2.09				
Hule, vulcanizado	S	1.10	1.74				

Tabla 50-2. Gases

	Gravedad Específica @15-20°C	Gravedad Específica @15°C kJ/kg·°C
Aire	1.00	1.00
Amoniaco	0.60	2.26
Benceno		1.36
Bióxido de azufre		0.68
Bióxido de carbono	1.50	0.88
Butano	2.00	1.90
Cloro	2.50	0.49
Etano	1.10	2.09
Etileno	0.97	1.88
Freón - 12		0.67
Hidrógeno	0.069	14.32
Hidrógeno, sulfuro de	1.20	1.05
Metano	0.55	2.51
Monóxido de carbono	0.97	1.07
Nitrógeno	0.97	1.06
Oxígeno	1.10	0.94
Propano	1.50	1.93
Vapor de agua	2.30	1.90

Fuente: (Armstrong, 1998)

## 11.2. DATOS DE FABRICANTE DE EQUIPOS

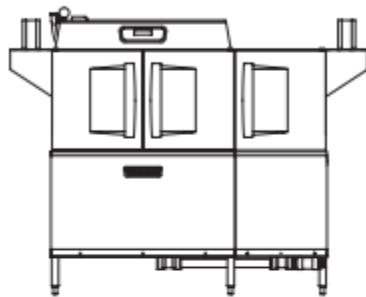
### Lavavajillas



Project \_\_\_\_\_  
 AIA # \_\_\_\_\_ SIS # \_\_\_\_\_  
 Item # \_\_\_\_\_ Quantity \_\_\_\_\_ C.S.I. Section 114000



#### CLPS66eN-EGR STEAM High Temperature Rack Conveyor Dishwashing Machine



#### STANDARD FEATURES

- + 202 racks per hour
- + 22" power scrapper
- + Drain water energy recovery (DWER)
- + Opti-Rinse™ system
- + Drain water tempering kit
- + Rapid return conveyor drive mechanism
- + Internal stainless steel pressure-less 30 KW booster heater
- + Large double door opening for ease of cleaning
- + Doors are insulated & hinged with door interlock switches
- + 19.5" chamber height opening (accepts sheet pans)
- + Top mounted micro-processor control module
- + Energy saver mode (programmable auto-shut down)
- + Dirty water indicator
- + Manager activated low temperature alert
- + NSF rated configurable pot and pan dwell mode
- + Configurable "intelligent" delime notification
- + Service diagnostics
- + Self-aligning wash manifolds
- + Stainless steel anti-clogging wash arms
- + Removable pump intake screen
- + Stainless steel self-draining pump and impeller
- + Single, sloping scrap screen and deep scrap basket
- + Stainless panels enclose perimeter and bottom
- + Door actuated drain closure
- + Vent fan control
- + Booster heater control
- + Power scrapper vent cowl curtain kit
- + ENERGY STAR® Certified

CLEAN SERIES – CLPS66eN-EGR STEAM



#### SPECIFIER STATEMENT

Specified dishwasher will be Hobart CLPS66eN Energy Recovery steam tank heat model with drain water energy recovery (DWER) and Opti-Rinse™. Includes 22" power scrapper, insulated ergonomic cabinet style doors, dirty water indicator, configurable "intelligent" de-lime notification, top mounted computer controls, and NSF approved pot and pan cycle mode. The wash tank utilizes durable precision pressure sensor monitors in lieu of conventional mechanical floats. The 19.5" standard chamber height will accommodate up to (6) standard sheet pans at a time on an open-end sheet pan rack.

#### OPTIONS & ACCESSORIES (Available at extra cost)

- Standard, short, and extended stainless steel vent hoods
- Direct drive unloader – adds 38" length. Reference spec F39520 for more details
- Side loader – SL23 adds 23" length, SL30 adds 30" length. Reference specs F40926 and F40927 for more details
- Blower-dryer – adds 33 1/2" to length. Reference spec F40252 for more details (ships separate from dishmachine, contact Hobart Service for installation)
- Flanged feet kit (requires two kits)
- Higher than standard chamber (24" opening)
- Table limit switch with 10' wire
- Correctional package (contact Hobart for details)
- Pressure regulator valve (PRV), for use with external booster
- Water shock absorber kit
- Factory-mounted circuit breakers (contact Hobart for details)
- Common electrical connection (see page 4)

Approved by \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_ Approved by \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_



## CLPS66eN-EGR STEAM High Temperature Rack Conveyor Dishwashing Machine

### LEGEND

Electrical Connections	
E1	Motors and controls 1-1/4" or 2" conduit, 63-3/4" AFF.
E2	Internal electric booster (in lieu of external steam booster) 1-1/4" or 2" conduit, 63-3/4" AFF.
<b>NOTE:</b> Common electrical connection (single point) available, see page 4 for details. Booster information, see page 4.	
Plumbing Connections	
P1	Drain. May be drained to either side of valve, plug opposite side 2" FPT. Recommend a floor drain minimum of 12" from machine for access and maintenance. 7-3/8" AFF.
P2	Hot water. 1/2" FPT connection. 1/2", 11-3/16" AFF. See plumbing notes for required temperatures.
P3	Cold water connection 1/2" FPT, cold water temperature 80°F, maximum 7-3/8" AFF.
Steam Connections (P4 or P5)	
P4	Steam coils: 10 to 50 PSI flowing, 3/4" FPT, 11-18" AFF.
P5	Condensate return: A 10 PSI minimum differential pressure across the steam trap must be maintained. 3/4" FPT, 11-1/8" AFF one connection. (One bucket type trap furnished).
Vent Connections	
V1	Optional vent hoods, 4" x 16" vent stack with damper.

E1 Electrical Connection (3 PH only) Motors and Controls				
Voltage	Rated Amps	Minimum Supply Circuit Ampacity	Maximum Protective Device	
208/60/3	16.6	20	20	
240/60/3	16.6	20	20	
480/60/3	9.4	15	15	
600/60/3	8.4	15	15	

Dishmachine not provided with internal GFCI protection.

**NOTE:** Additional CLeN Voltages and Amperages are available, see document F40972.

CLPS66eN-EGR Steam Heat Dissipation	
BTU/HR.	
Latent	Sensible
46,200	19,800

### SPECIFICATIONS

#### Capacities

Racks per Hour (NSF rated)	202
Wash Tank (U.S. gallons)	23
Power Scraper (U.S. gallons)	23
Conveyor Speed (feet per minute)	5.6

#### Motor Horsepower

Drive	1/6
Wash	.2
Power Scraper	.2

#### Water Consumption

U.S. Gallons per Hour (maximum use at 20 PSI)	126
U.S. Gallons per Rack	.062
Peak Drain Flow (U.S. gallons per minute)	38

#### Heating

Tank Heat, steam coils (pounds per hour)	65
Electric Booster (built-in) (kW for 70°F rise)	30
Steam Booster (external) (pounds per hour)	60
(If used on 20 PSI steam, 20 PSI water flowing, 130°F entering water raised to 180°F minimum)	

#### Venting

Load End (minimum CFM)	200
Unload End (minimum CFM)	400

#### Shipping Weight (approximate)

.895 lbs.

#### Crated Dimensions

.76"L x 38"W x 78"H

E2	Booster Heat 30 kW Minimum 110°F Incoming Water			
	Voltage	Rated Amps	Minimum Supply Circuit Ampacity	Maximum Protective Device
	208/60/3	83.9	90	90
	240/60/3	80.2	90	90
	480/60/3	40.1	50	50
	600/60/3	26.9	40	40

**WARNING:** Plumbing and electrical connections should be made by qualified personnel who will observe all the applicable plumbing, sanitary, safety codes and National Electrical Code.

**Plumbing Notes:** Minimum incoming water temperatures: 110°F for 30kW internal booster. Building flowing water pressure to dish machine is 20 PSI (+/- 5 PSI).

Single cold water connection supplies both drain water energy recovery and drain water tempering.

Recommended water hardness to be 3 grains or less for best results.

**Steam Heat Only:** Flowing steam pressures above 50 PSI must have a pressure regulator (by others) installed in the steam line.

Shut off valve must be supplied (by others) in the steam line to the dish machine.



**ESTERILIZADORES DE VAPOR MEDIANOS SERIE AMSCO® 400**

**APLICACIÓN**

El esterilizador con prevacío está diseñado para la esterilización rápida y eficaz de materiales estables en condiciones de calor y de humedad. El esterilizador de configuración de prevacío está provisto de ciclos de prevacío, gravedad, líquidos, prueba de escape y prueba diaria de eliminación de aire (Bowie-Dick).

**DESCRIPCIÓN**

Los esterilizadores de medianos serie AMSCO 400 son fáciles de usar y están equipados con las últimas funciones de la tecnología más avanzada.

**Configuraciones de productos**

**Dimensiones de la cámara interior**

- 660 x 950 x 910 mm (26 x 37,5 x 36")
- 660 x 950 x 1220 mm (26 x 37,5 x 48")
- 660 x 950 x 1520 mm (26 x 37,5 x 60")

Las configuraciones de 910 mm (36"), 1220 mm (48") y 1520 mm (60") incluyen la posibilidad de elegir puerta doble o una sola puerta.



(Diseño típico; algunos detalles pueden variar).

- **Puerta con bisagras** con mecanismo de bloqueo de puerta con poco esfuerzo y de rápido funcionamiento. La palanca de bloqueo del mango de la puerta requiere un solo movimiento de 30° para bloquear o desbloquear.
- **Puerta con deslizamiento horizontal** con mecanismo de polea y cable controlado por motor silencioso. La puerta se desplaza horizontalmente de derecha a izquierda para abrirla y la controla una pantalla táctil.

**Las casillas marcadas a continuación se aplican a este equipo**

**Tamaño**

- 660 x 950 x 910 mm (26 x 37,5 x 36")
- 660 x 950 x 1220 mm (26 x 37,5 x 48")
- 660 x 950 x 1520 mm (26 x 37,5 x 60")

**Longitudes de cámara para accesorios**

- Longitud de cámara 910 mm (36")
- Longitud de cámara 1220 mm (48")
- Longitud de cámara 1520 mm (60")

**Servicio eléctrico de bomba al vacío**

- 208/240 Vac, 60 Hz, trifásico, 6 A por fase
- 480 Vac, 60 Hz, trifásico, 3 A por fase

**Configuración de la puerta**

**Una puerta**

- Con bisagra
  - Corredera horizontal
- Seleccione la dirección del tirador de la puerta como se ve desde el lado principal (OE) del esterilizador:*
- Izquierda
  - Derecha (no disponible para las unidades de puertas correderas)

**Dos puertas**

- Puerta con bisagras
- NOTA: Posición de la bisagra del lado principal (OE) primero; bisagra del lado secundario (NOE) en segundo lugar.*
- Derecha/izquierda
  - Derecha/derecha
  - Izquierda/derecha
  - Izquierda/izquierda
  - Puerta corredera horizontal

**Montaje con una puerta**

- Encerrado en armario/autónomo
- Empotrado

**Montaje con dos puertas**

- Empotrado en una pared
- Empotrado en dos paredes

**Accesorios**

- Carrito de carga, carrito de transferencia y conjunto de carril
- Una puerta  Puerta doble
- (solo unidades de 36") Bastidor y estante de cámara
- Equipo de fijación antisísmico

**Control remoto**

- Servicio de asistencia técnica de ProConnect® (Control remoto, Soporte técnico prioritario, Acceso al centro de atención al cliente, Informes de rendimiento de los equipos)

Componente \_\_\_\_\_  
Ubicación(es) \_\_\_\_\_

SD958E (04/01/13)

**CONSUMO DE CONSUMIBLES**

Válvulas de consumo para Esterilizadores de vapor mediano serie AMSCO 4000			Consumo de agua			Consumo de vapor		
			Máximo	Normal	Normal	Máximo	Normal	Normal
			gal/min	gal/ciclo	gal/hr	lb/hr	lb/ciclo	lb/hr
Número de plano del equipo	Tamaño de la cámara	Configuración	dentro del ciclo	dentro del ciclo	fuera de ciclo	dentro del ciclo	dentro del ciclo	fuera de ciclo
129394-138	26 x 37,5 x 36"	Una puerta, con bisagra, encerrado en armario	13	115	10	190	112	22
	26 x 37,5 x 48"			120	12	255	148	28
	26 x 37,5 x 60"			125	15	335	185	34
129394-139	26 x 37,5 x 36"	Una puerta, con bisagra, empotrado, una pared	13	115	10	190	112	22
	26 x 37,5 x 48"			120	12	255	148	28
	26 x 37,5 x 60"			125	15	335	185	34
129394-140	26 x 37,5 x 36"	Puerta doble, con bisagra, empotrado, una pared	13	115	10	190	112	22
	26 x 37,5 x 48"			120	12	255	148	28
	26 x 37,5 x 60"			125	15	335	185	34
129394-141	26 x 37,5 x 36"	Puerta doble, con bisagra, empotrado, dos paredes	13	115	10	190	112	22
	26 x 37,5 x 48"			120	12	255	148	28
	26 x 37,5 x 60"			125	15	335	185	34
129394-142	26 x 37,5 x 36"	Una puerta, deslizamiento horizontal, encerrado en armario	13	115	10	190	112	22
	26 x 37,5 x 48"			120	12	255	148	28
	26 x 37,5 x 60"			125	15	335	185	34
129394-143	26 x 37,5 x 36"	Una puerta, deslizamiento horizontal, empotrado, una pared	13	115	10	190	112	22
	26 x 37,5 x 48"			120	12	255	148	28
	26 x 37,5 x 60"			125	15	335	185	34
129394-144	26 x 37,5 x 36"	Puerta doble, deslizamiento horizontal, empotrado, una pared	13	115	10	190	112	22
	26 x 37,5 x 48"			120	12	255	148	28
	26 x 37,5 x 60"			125	15	335	185	34
129394-145	26 x 37,5 x 36"	Puerta doble, deslizamiento horizontal, empotrado, dos paredes	13	115	10	190	112	22
	26 x 37,5 x 48"			120	12	255	148	28
	26 x 37,5 x 60"			125	15	335	185	34

**RECOMENDACIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Acondicionamiento	Condiciones normales	Condiciones máximas
<b>Temperatura</b>	4 °C–16 °C (40 °F–60 °F)	21 °C (70 °F)
<b>Dureza total como CaCO<sub>3</sub>*</b>	50–120 mg/l	171 mg/l
<b>Sólidos disueltos totales</b>	100–200 mg/l	500 mg/l
<b>Dureza total como CaCO<sub>3</sub></b>	70–120 mg/l	180 mg/l
<b>pH</b>	6,8–7,5	6,5–8,5
<b>Sílice total</b>	0,1 – 1,0 mg/l	2,5 mg/l

\* 17,1 mg/l = dureza de 1,0 grano

**LONGITUD INSTALADA TOTAL**

*Consulte las ilustraciones en la página siguiente*

	Longitud de la cámara		
	36" (914 mm)	48" (1219 mm)	60" (1524 mm)
<b>A</b>	69" (1753 mm)	81" (2057 mm)	93" (2362 mm)
<b>B</b>	58" (1473 mm)	70" (1778 mm)	82" (2082 mm)
<b>C</b>	48" (1219 mm)	60" (1524 mm)	72" (1829 mm)
<b>D</b>	59" (1490 mm)	71" (1803 mm)	83" (2108 mm)
<b>E</b>	71-1/2" (1816 mm)	83-1/2" (2121 mm)	95-1/2" (2425 mm)
<b>F</b>	53-1/4" (1352 mm)	65-1/4" (1657 mm)	77-1/4" (1762 mm)

Fuente: Tomado de <https://www.meditekla.com/>

## Esterilizadores MATACHANA, la evolución de un éxito

Los esterilizadores MATACHANA se han diseñado en base a las necesidades reales de la esterilización hospitalaria actual, tanto para su uso en las RUMED como en unidades satélites donde se efectúen procesos de esterilización por vapor: bloque quirúrgico, urgencias, unidades de cirugía mayor ambulatoria, empresas de esterilización externalizada, etc.

La amplia gama de esterilizadores MATACHANA, se fabrican en el centro de producción de Barcelona (España), una moderna planta dotada de los más recientes avances tecnológicos en materia de sostenibilidad, eficiencia energética y control de procesos.

### Esterilizadores de vapor



S1000



130LF\*



130HPO\*



50HPO\*

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

HIGH SPEED

### Esterilizadores de Baja Temperatura

Para la esterilización de todos los productos termosensibles que no pueden soportar las temperaturas habitualmente utilizadas en la esterilización hospitalaria por vapor, 121 °C o 134 °C, MATACHANA ha desarrollado dos equipos de baja temperatura de tecnologías consolidadas y complementarias:

El nuevo modelo 130LF\* con ciclos ultra rápidos, para todos los materiales que pueden ser tratados a temperaturas de 60 °C o 78 °C y sean resistentes al vacío y al vapor húmedo. Este equipo cumple con todos los requisitos recogidos en la Norma Europea EN 14180 para los esterilizadores por Vapor a Baja Temperatura con 2% formaldehído (VBTF) y se caracteriza por un óptimo balance de costes a nivel de explotación de ciclo y su elevada penetrabilidad frente de materiales muy complejos.

Los modelos 50HPO\* y 130HPO\*, para la esterilización mediante Peróxido de Hidrógeno vaporizado con estadios Plasma, de todo aquel material termolábil necesitado de una esterilización terminal y en tiempos de ciclo muy cortos. Especialmente concebidos para la esterilización de material de alta rotación y de elevado valor económico, con un equilibrado coste por proceso.

Modelo	Medidas equipo (An.xAl.xPr. mm)		Medidas cámara (An.xAl.xPr. mm)		Capacidad total cámara (litros)	
	1 puerta	2 puertas	1 puerta	2 puertas	1 puerta	2 puertas
VAPOR						
101	680 x 1570 x 925	680 x 1570 x 940	340 x 340 x 645	340 x 340 x 675	108	98
SC500	900 x 1824 x 995	900 x 1824 x 1009	500 x 500 x 675	500 x 500 x 675	167	167
SC501	900 x 1824 x 1342	900 x 1824 x 1355	500 x 500 x 1020	500 x 500 x 1020	252	252
SC502	900 x 1824 x 1622	900 x 1824 x 1635	500 x 500 x 1300	500 x 500 x 1300	321	321
1004	1710 x 1954 x 958	1710 x 1954 x 977	670 x 670 x 625	670 x 670 x 638	279	285
1006	996 x 1954 x 1314	996 x 1954 x 1336	670 x 670 x 998	670 x 670 x 996	445	445
1008	996 x 1954 x 1614	996 x 1954 x 1636	670 x 670 x 1265	670 x 670 x 1296	565	578
1010	996 x 1954 x 2054	996 x 1954 x 2076	670 x 670 x 1735	670 x 670 x 1733	774	773
1012	996 x 1954 x 2313	996 x 1954 x 2338	670 x 670 x 2000	670 x 670 x 1998	893	892
BAJA TEMPERATURA						
50HPO*	780 x 1733 x 796	—	330 x 250 x 640	—	52	—
130HPO*	900 x 1864 x 1099	900 x 1864 x 1120	335 x 363 x 929	335 x 363 x 972	143	148
130LF*	900 x 1864 x 1101	900 x 1864 x 1118	335 x 363 x 929	335 x 363 x 972	143	148

## MODELOS

La Serie **S1000** se compone de 20 modelos con 5 tamaños de cámara diferentes, y con capacidades nominales de carga que van desde los 4 hasta los 12 módulos de esterilización, con una (1) o dos (2) puertas, y con generador de vapor (E) o conectados a la red de vapor (V):

Código	Modelo	Dimensiones totales (mm)	Dimensiones cámara (mm)	Capacidad M.E.	Volumen cámara (L)	Potencia (kW)
78323	1004 V-1	1710x1954x958	670x670x625	4	279	3
78324	1004 E-1	1710x1958x958	670x670x625	4	279	33
78325	1004 V-2	1710x1958x977	670x670x638	4	285	3
78326	1004 E-2	1710x1958x977	670x670x638	4	285	33
78328	1006 V-1	996x1954x1314	670x670x998	6	445	3
78329	1006 E-1	996x1954x1314	670x670x998	6	445	51
78330	1006 V-2	996x1954x1336	670x670x996	6	445	3
78331	1006 E-2	996x1954x1336	670x670x996	6	445	51
78332	1008 V-1	996x1954x1614	670x670x1265	8	565	4
78333	1008 E-1	996x1954x1614	670x670x1265	8	565	64
78334	1008 V-2	996x1954x1636	670x670x1296	8	578	4
78335	1008 E-2	996x1954x1636	670x670x1296	8	578	64
78336	1010 V-1	996x1954x2054	670x670x1735	10	774	4
78337	1010 E-1	996x1954x2054	670x670x1735	10	774	64
78338	1010 V-2	996x1954x2076	670x670x1733	10	773	4
78339	1010 E-2	996x1954x2076	670x670x1733	10	773	64
78340	1012 V-1	996x1954x2316	670x670x2000	12	893	5
78341	1012 E-1	996x1954x2316	670x670x2000	12	893	65
78342	1012 V-2	996x1954x2338	670x670x1998	12	892	5
78343	1012 E-2	996x1954x2338	670x670x1998	12	892	65

*Observación: Para los diferentes modelos de 1004, el ancho de 1710 mm incluye la zona técnica necesaria para mantenimiento.*

Fuente: Tomado de <https://www.matachana.com/es/>

## DRYER MODEL 123H

### STANDARD FEATURES

#### EFFICIENCY AND ECONOMY

- Automatic temperature-based moisture sensing control prevents restarts and over-drying.
- Ring design burner assures uniform heat distribution with lint-free design and no moving parts.
- Heavy 11-gauge burner duct system evenly mixes incoming air to prevent hot spots.
- Damper system accelerates heat transfer into load, lowering exhaust volume and temperature.
- Self-cleaning positive air flow blowers draw controlled air volume through load, regardless of size. Non-clog design prevents lint accumulation.

#### PLUG AND PLAY WIRE HARNESS

If a component should need replacement, simply loosen the harness collar and pull to free the connection. Installation is just as simple. Swing-out control box and large doors provide easy access to all harnesses and internal components. Other manufacturers use hard wired connections that require time-consuming disconnect and reconnect procedures.



#### DURABILITY AND EASE OF MAINTENANCE

- Convenient front access electrical panel for easy maintenance.
- Welded 10-gauge, steel trunnion shaft mounted basket anchored to heat-treated steel shaft provides years of dependable service.

#### EASE OF USE

- Large door opening, hydraulic tilt system (back tilt of 20° or more, forward tilt up to 18°) and basket jog switch facilitate fast and efficient loading and unloading.

#### SAFETY

- Complete fireeye flame safety protection system.
- Door and tilt safety switches prevent startup unless machine is in proper running position with door closed.
- Individual motor starters provide protection for each motor. Interlocks assure instantaneous burner lockout.
- Pressure type safety switch prevents burner ignition without exhaust and combustion blowers operating.
- Adjustable high limit temperature control cuts burner fuel supply (basket and blower remain operational to cool load).
- Shaft safety system shuts off fuel supply to burner if basket stops rotating (blower remains operational to cool load).
- Automatic fire suppression system is standard on all Braun dryers.

#### SPECIFICATIONS

Nominal capacity, dry weight	400 lb
Maximum capacity*	425 lb
Minimum automatic operation capacity**	200 lb
Main blower	20 hp
Exhaust volume	7,100 cfm
Basket volume	123 cu ft
Door diameter	48"
Maximum back tilt for loading	21.5°
Loading height, bottom of door	40 1/2"
Maximum forward tilt for discharge	25°
Discharge height, bottom of door	29"
Machine height, operating position	106 1/4"
Machine height at full tilt	132"
Machine width at base	116"
Machine width overall	116"
Machine depth at base	83"
Machine depth, operating position	103"
Total machine weight	7,500 lb

\* Varies with type of material being dried.

\*\* Efficiency increases as load weight approaches nominal capacity. Complete dimensional, supply and ductwork specifications on request.



ISO 9001 CERTIFIED

G.A. Braun, Inc.  
79 General Irons Boulevard  
N. Syracuse, NY 13212

Mail to:  
P.O. Box 3029  
Syracuse, NY 13220-3029

Phone  
1-800-432-7286

Fax  
(315) 475-4130

Parts Help Desk  
1-800-432-7286 X 1

Service Help Desk  
1-800-432-7286 X 2



U.S.A.

All Braun Products are Proudly  
Manufactured in the U.S.A.

11/11



# Lavadoras

## Especificaciones del MODELO TSL

Modelo TSL	Máx. Capacidad Recomendada - lbs./kg	Dim. x Profundidad del Cilindro - in./mm	Volumen del Cilindro - PT/lt	Área de Apertura de la Puerta del Cilindro para Carga - in <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup>	Redes de Extracción o Motor Servo - H.P.*	Velocidad de Extracción - R.P.M.	Motor de Lavado - H.P.	Velocidad de Lavado - R.P.M.	Altura de Puertas de Descarga desde el Suelo - in./mm	Volúmenes Automáticas de Desagüe - in./mm	Volúmenes Automáticas de Enjuague - in./mm	Volúmenes de Vapor - in./mm	Audio Total - in./mm	Profundidad Total - in./mm	Altura Total - in./mm	Peso Aproximado de Envío Doméstico (Neto) - lbs./kg	Peso Aproximado de Envío de Operación - lbs./kg	Volumen en PT/lt para depósitos
200 Neutron	230 / 105	46x45 / 1168x1143	43.3 / 1.13	600 / 3871	20	*	*	37 / 940	6 / 152	1.25 / 31.8	3/4 / 19	84 / 2135	75 / 1905	96 / 2438	9300 / 4218	10,800 / 4896	431 / 12.3	
200 Neutron Medicare	230 / 105	46x45 / 1168x1143	43.3 / 1.13	600 / 3871	20	*	*	37 / 940	6 / 152	1.25 / 31.8	3/4 / 19	84 / 2135	68 / 1730	96 / 2438	9900 / 4490	11,300 / 5125	431 / 12.3	
400 Neutron	450 / 204	60x45 / 1524x1143	73.6 / 2.05	600 / 3871	40	*	*	37 / 940	8 / 203	2 / 51	1 1/4 / 32	95 / 2415	88 / 2235	109 / 2769	13,800 / 6259	15,200 / 6893	644 / 18.25	
400 Neutron Medicare	450 / 204	60x45 / 1524x1143	73.6 / 2.05	600 / 3871	40	*	*	37 / 940	8 / 203	2 / 51	1 1/4 / 32	95 / 2415	88 / 2235	109 / 2769	13,800 / 6259	15,200 / 6893	644 / 18.25	
600 Neutron	700 / 317	60x66 / 1524x1676	107.9 / 3.07	600 / 3871	40	*	*	37 / 940	8 / 203	2.5 / 63.5	1 1/4 / 32	111 / 2820	88 / 2235	109 / 2769	17,100 / 7756	19,600 / 8909	786 / 22.26	
600 Neutron Medicare	700 / 317	60x66 / 1524x1676	107.9 / 3.07	600 / 3871	40	*	*	37 / 940	8 / 203	2.5 / 63.5	1 1/4 / 32	111 / 2820	88 / 2235	109 / 2769	17,100 / 7756	19,600 / 8909	786 / 22.26	
800 Neutron	900 / 408	60x91 / 1524x2311	148.8 / 4.215	600 / 3871	30	*	15	37 / 940	12/8 / (2120)	2.5 / 63.5	1 1/4 / 32	141 / 3580	88 / 2235	110 / 2794	20,500 / 9298	23,000 / 10455	837 / 26.54	
800 Neutron Medicare	900 / 408	60x91 / 1524x2311	148.8 / 4.215	600 / 3871	30	*	15	37 / 940	12/8 / (2120)	2.5 / 63.5	1 1/4 / 32	141 / 3580	88 / 2235	110 / 2794	22,800 / 10363	23,870 / 10825	837 / 26.54	
200 Clean Room	230 / 105	46x45 / 1168x1143	43.3 / 1.13	600 / 3871	20	*	*	37 / 940	6 / 152	1 1/4 / 31.8	3/4 / 19	84 / 2135	68 / 1730	96 / 2438	9900 / 4490	11,300 / 5125	431 / 12.3	
400 Clean Room	450 / 204	60x45 / 1524x1143	73.6 / 2.05	600 / 3871	40	*	*	37 / 940	8 / 203	2 / 51	1 1/4 / 32	95 / 2415	88 / 2235	109 / 2769	13,800 / 6259	15,200 / 6893	644 / 18.25	

Nota: Todos los otros voltajes requieren un transformador para subir o bajar el voltaje a 480/3/60.

Para 380/3/50 o 380/3/60, por favor, consulte a su representante de ventas Braun.

\* Programable por el usuario



CERTIFICADO ISO 9001

G.A. Braun, Inc.  
79 General Irwin Boulevard  
N. Syracuse, NY 13212

Envíe correspondencia a:  
P.O. Box 3029  
Syracuse, NY 13220-3029

Teléfono:  
1-800-432-7286

Documento:  
(315) 475-4130

Soporte para refacciones:  
1-800-432-7286 X 1

Línea de Servicio al Cliente:  
1-800-432-7286 X 2



U.S.A.

Todos los productos Braun están orgullosamente fabricados en Estados Unidos

[gabraun.com](http://gabraun.com)

TSL Washer/Extractor | May 2020



## Top Side Loader Washer/Extractor Manual

### 3.2.2 STEAM CONSUMPTION

Use the following table as a quick reference to calculate the steam consumption for supplemental water heating by live steam injection.

TOTAL WATER IN MACHINE GALLONS	10°F RISE LBS. STEAM (BHP)	20°F RISE LBS. STEAM (BHP)	30°F RISE LBS. STEAM (BHP)	40°F RISE LBS. STEAM (BHP)
100	11.1 (0.32)	22.3 (0.65)	33.4 (0.98)	44.5 (1.3)
150	16.6 (0.48)	33.4 (0.98)	50.1 (1.5)	66.7 (1.9)
200	22.3 (0.65)	44.5 (1.3)	66.7 (1.9)	89.0 (2.6)
250	27.8 (0.80)	55.6 (1.6)	83.3 (2.4)	111.3 (3.3)
300	33.4 (0.98)	66.7 (1.9)	100.0 (2.9)	133.5 (3.9)
350	39.0 (1.2)	77.9 (2.3)	116.7 (3.4)	155.6 (4.5)
400	44.5 (1.3)	89.0 (2.6)	133.5 (3.9)	178.0 (5.2)
450	50.1 (1.5)	100.0 (2.9)	150.2 (4.4)	200.2 (5.8)
500	55.6 (1.6)	111.3 (3.3)	166.86 (4.8)	222.5 (6.5)
550	61.2 (1.8)	122.4 (3.5)	183.56 (5.3)	244.7 (7.1)
600	66.7 (1.9)	133.5 (3.9)	200.2 (5.8)	267.0 (7.7)
650	72.3 (2.1)	144.6 (4.2)	217.0 (6.3)	289.2 (8.4)
700	77.9 (2.3)	155.6 (4.5)	233.5 (6.8)	311.5 (9.0)

Table 3-2

Note: The above figures are approximately 1/3 higher than would be required to heat only the volume of water, as you have to heat more than just the water (ie. – the cylinder – tub – laundry).

### 3.2.3 THE AMOUNT OF STEAM REQUIRED FOR HEATING WATER

For determining the amount of steam required to heat a specified quantity of water using steam at atmospheric pressure (212 °F)

$$\frac{\text{GPM} \times \text{PPG} \times \Delta T}{(\text{latent heat of steam})} = \text{lbs. of steam}$$

Equation 3-2

GPM: Gallons of water per hour

PPG: Pounds per gallon

ΔT: Temperature rise in degrees Fahrenheit

Note: To ascertain the boiler horsepower required to do the above work, divide 1078 by 34.5 (34.5 lbs. of steam is equivalent to 1 Boiler Horsepower).

For calculations with steam at higher pressures, the following latent heat factors are listed.

0 lbs. Gage	970.3 B.T.U.
2.3 lbs. Gage	965.5 B.T.U.
5.3 lbs. Gage	960.1 B.T.U.
10.3 lbs. Gage	952.1 B.T.U.
15.3 lbs. Gage	945.3 B.T.U.
25.3 lbs. Gage	933.7 B.T.U.
50.3 lbs. Gage	911.6 B.T.U.
75.0 lbs. Gage	904.5 B.T.U.
100.0 lbs. Gage	888.8 B.T.U.

Table 3-3

## Chi Drive – The Drive of the Future is Here

In a multi-roll ironing system, each succeeding roll must run slightly faster than the previous roll so linen is properly stretched to remove wrinkles and move smoothly between rolls and across heated surfaces under pressure. Loss of speed balance can interfere with proper linen movement, cause excessive guide tape breakage, and produce creases in finished linen. Up to now, mechanical chains, belts and pulleys, or overpadding and underpadding rolls have been the methods used to provide this critical speed differential. With any of these methods, roll-to-roll slippage develops as belts and padding wear,

chemical/wax buildup, and mechanical changes occur. It is then necessary to stop production to mechanically adjust and test the drive components to restore proper linen stretch, a high quality finish, and smooth roll-to-roll linen transfer.

Chicago's extensive experience with electronics and AC frequency inverters has led to the most important advance in ironer drive concepts in a generation. Chidrive is the modular electronic direct drive system in which each ironing roll is independently driven by its own AC inverter, gearbox and high

efficiency motor. In order to maintain a 100% stable speed differential, Chidrive electronically calibrates the speed differential between each roll to match the user's needs. It uses continuous data feedback from the motor to the inverter to help compensate for padding wear and other mechanical changes as the ironer is used. This eliminates the mechanical adjustments and guesswork previously necessary to keep a drive system in peak operating condition. With Chidrive, any desired changes are made through the CHI panel with its alpha-numeric message screen guiding



# 5200



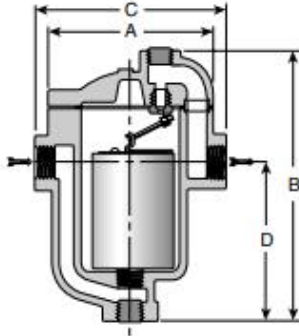
	US		metric		1 Roll		2 Roll		3 Roll		4 Roll	
	US	metric	US	metric	US	metric	US	metric	US	metric	US	metric
Speed	ft/min	m/min	20-100	6-30	20-150	70-45.0	30-50	90-45.0	30-150	90-45.0	30-150	90-45.0
Drive Motor Chi Drive	HP	kW	10.0	7.5	20.0	14.9	30.0	22.4	40.0	29.8	40.0	29.8
Total Motor	HP	kW	12.5	9.3	23.5	17.5	34.5	25.7	45.5	33.9	45.5	33.9
Steam Input Maximum	BHP	kW/h	15.0	146.8	30.0	293.7	45.0	440.5	60.0	587.3	60.0	587.3
Minimum Pressure Steam Models	PSI	kPa	100	689	100	689	100	689	100	689	100	689
Steam Supply Connection	inch	DN	2	50	2	50	3	80	3	80	3	80
Condensate Return Connection	inch	DN	2	50	2	50	3	80	3	80	3	80
Compressed Air Usage	CFM	m <sup>3</sup> /h	7	12	14	24	20	36	28	48	28	48
Exhaust Volume	CFM	m <sup>3</sup> /h	560	951	1020	1903	1680	2954	2240	3806	2240	3806
Maximum BTU Thermal Fluid Models	BHP	kW/h	23	220	45	440	68	661	90	881	90	881
Minimum Circulation Volume Thermal Models	USGM	m <sup>3</sup> /h	113	26	225	51	300	68	375	85	375	85
Maximum Circulation Volume Thermal Models	USGM	m <sup>3</sup> /h	150	34	300	68	400	91	500	114	500	114
Maximum Pressure Thermal Fluid Models	PSI	kPa	208	1434	208	1434	208	1434	208	1434	208	1434
Minimum Pressure Thermal Fluid Models	PSI	kPa	12.0	82.7	24.0	165.5	36.0	248.2	48.0	330.9	48.0	330.9
Thermal Fluid Supply Connection	inch	DN	2.5	65.0	3.0	85.0	4.0	100.0	4.0	100.0	4.0	100.0
Thermal Fluid Return Connection	inch	DN	2.5	65.0	3.0	85.0	4.0	100.0	4.0	100.0	4.0	100.0
Linear Ironing Contact Under Pressure	inch	mm	74.9	1928	1499	3855	224.8	5783	2497	7710	2497	7710
Linear Ironing Contact of all Heated Surfaces	inch	mm	79.4	2007	1792	4552	2790	7087	376.8	9623	376.8	9623
<b>A</b> Usable Roll Length	inch	mm	120	3050	120	3050	120	3050	120	3050	120	3050
<b>B</b> Total Width	inch	mm	168	4267	168	4267	168	4267	168	4267	168	4267
<b>C</b> Input to Discharge Depth	inch	mm	92	2336	157	3987	222	5638	287	7289	287	7289
<b>D</b> Total Depth	inch	mm	112	2844	177	4495	242	6146	307	7797	307	7797
<b>E</b> Total Height	inch	mm	74	1880	74	1880	74	1880	74	1880	74	1880
Domestic Weight	lb	kg	15500	7011	27000	12247	39100	17735	51000	23133	51000	23133
Export Base Weight	lb	kg	16800	7303	28200	12791	41000	18597	53000	24040	53000	24040

# Trampas de Vapor



## Trampas de Vapor de Cubeta Invertida Series 800-813 En Hierro Fundido Para Instalación Horizontal

Para presiones hasta 250 lb/pulg<sup>2</sup> m. (17 bar m.)... Capacidad hasta 4,400 lb/hr (2,000 kg/hr)



### Descripción

La trampa de vapor más confiable que se conoce —de cubeta invertida— le brinda un drenado de condensado eficiente en virtualmente todos los tipos de equipo operados por vapor. Ponga la cubeta invertida a trabajar dentro de un robusto cuerpo en hierro fundido y tiene lo mejor de dos mundos. Debido a que operan eficientemente por más tiempo, las cubetas invertidas de Armstrong agregan sólidos ahorros de energía para bajar los costos de instalación y reemplazo. Todas las trampas en hierro fundido de Armstrong son reparables para brindarle aún mayores ahorros de mantenimiento.

Su sistema único de levas multiplica la fuerza provista por la cubeta para abrir la válvula venciendo la presión del sistema. El mecanismo opera "libre de fricción" y no tiene pivotes fijos que produzcan desgaste o fricción.

La suciedad no se puede acumular en el orificio porque el mecanismo está localizado en la parte superior de la trampa. Las pequeñas partículas de suciedad son mantenidas en suspensión hasta que son descargadas por la acción de la fuerza diferencial de purga que se da cuando la cubeta se hunde y separa la válvula de su asiento.

El sello de agua que rodea el orificio de descarga evita que haya pérdida de vapor. El venteo automático de aire ocurre gracias a un pequeño orificio en la cubeta, que descarga continua y automáticamente aire y CO<sub>2</sub> a la temperatura del vapor.

Aunque descargan intermitentemente, las trampas de cubeta invertida drenan de forma continua evitando la acumulación de condensado. También son muy resistentes al golpe de ariete.

### Condiciones Máximas de Operación

Presión Máxima Permitida

(diseño del cuerpo): 250 lb/pulg<sup>2</sup> m. a 450°F (17 bar m. a 232°C)

Presión Máxima de Operación: Modelo 800: 150 lb/pulg<sup>2</sup> m. (10 bar m.)

Modelos 811-813: 250 lb/pulg<sup>2</sup> m. (17 bar m.)

### Conexión a Tubería

Rosca NPT y BSPT

### Materiales

Cuerpo:

ASTM A48 Clase 30

Componentes Internos:

Todos en acero inoxidable —304

Válvula y asiento:

Acero cromo endurecido 17-4PH

Tapón para prueba:

Acero al carbón

### Opciones

- Válvula tipo check integrada construida en acero inoxidable
- Cubeta con venteo térmico
- Disparador por baja presión (pop drain) fabricado en acero inoxidable
- Conexión para prueba por monitoreo
- Termodrenador
- Varilla de limpieza

### Como Especificar

Trampa de vapor de cubeta invertida, tipo... en hierro fundido, con venteo continuo de aire a la temperatura del vapor, mecanismo libre de fricción en acero inoxidable y orificio de descarga en la parte superior de la trampa.

### Como Ordenar

Especifique:

- Modelo requerido
- Diámetro y tipo de conexión
- Presión máxima de trabajo a la que será sometida la trampa o diámetro del orificio
- Otras opciones requeridas

Al solicitar un dibujo certificado más detallado haga referencia a: CD #1000.

Trampas Series 800-813 de Entrada y Salida Laterales. Agregue el sufijo "CV" al modelo para válvula tipo check interna, y "T" para cubeta con venteo térmico.

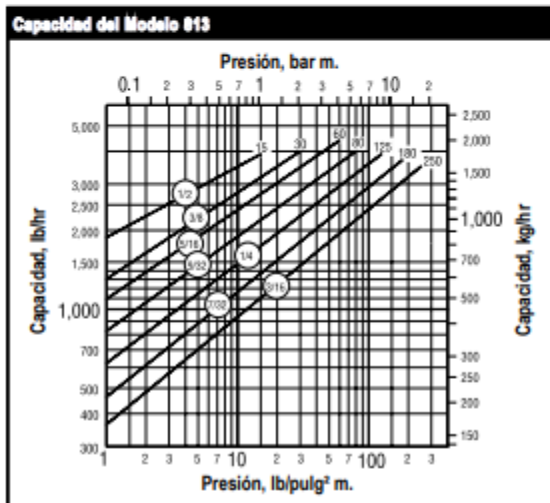
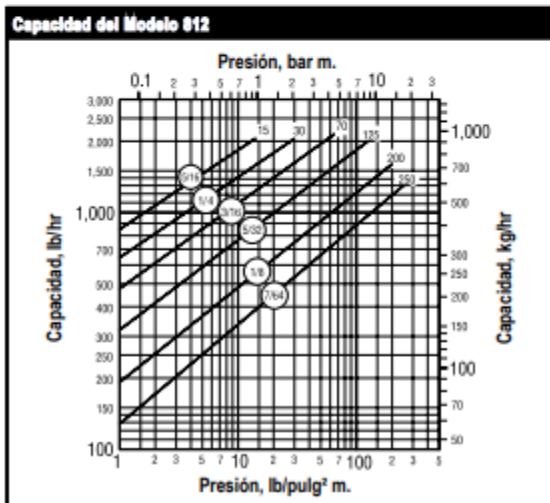
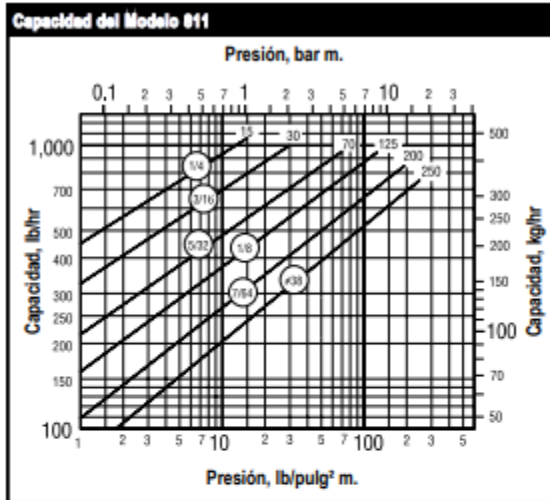
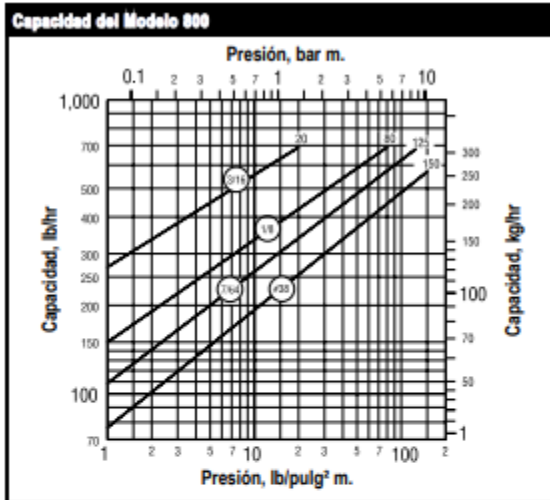
Modelo No.	800*		811		812		813	
	puig.	mm	puig.	mm	puig.	mm	puig.	mm
Diámetro de Conexión a Tubería	1/2, 3/4	15, 20	1/2, 3/4, 1	15, 20, 25	1/2, 3/4	15, 20	3/4, 1	20, 25
Tapón para Prueba	1/4	6	1/4	6	1/2	15	3/4	20
"A" (Diámetro de la Breda)	3-3/4	95.2	3-3/4	95.2	5-5/8	143	7	178
"B" (Altura)	6-7/16	138	6-7/8	175	9-1/16	230	11-3/4	296
"C" (Cara a Cara)	5	127	5	127	8-1/2	185	7-3/4	197
"D" (Base a Centro de Entrada)	2-3/4	70	4-1/4	108	5-3/8	137	7-1/32	179
Cantidad de Tornillos	6							
Peso lb (kg)	5 (2.3)		6 (2.7)		15 (6.8)		27-1/2 (12.5)	

\* No se puede entregar con válvula tipo check interna y cubeta con venteo térmico al mismo tiempo.

# Trampas de Vapor de Cubeta Invertida Series 800-813

## En Hierro Fundido Para Instalación Horizontal

Para presiones hasta 250 lb/pulg<sup>2</sup> m. (17 bar m.)... Capacidad hasta 4,400 lb/hr (2,000 kg/hr)



Fuente: (Armstrong, 1998)



**UNITED BRASS WORKS, INC**  
 714 S. Main St., Randleman, N.C. 27317  
 Phone: 800/334-3035 Fax: 800/498-4696 [www.ubw.com](http://www.ubw.com)



### Model 849 1/2" Steam Trap



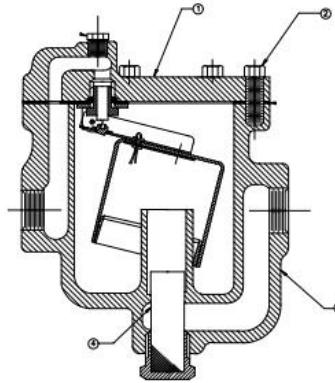
**150WSP Body Rating**  
**Operating Range 5 – 50PSI**  
**Ductile Iron Construction**  
**Stainless Steel Ball & Seat**

**E-Coated inside & out**  
**for Corrosion Resistance**

*Replacement cover assembly Model 850AL*

#### MATERIAL LIST

NO.	DESCRIPTION	MATERIAL
1	Cover Assembly	Ductile Iron
2	Cap Screw	Plated Steel
3	Body	Ductile Iron
4	Strainer	Stainless Steel



Model	PSI	5	10	20	30	40	50
849A 3/4"	Pounds Condensate Per Hour	383	461	566	629	681	765

[spiraxsarco.com](http://spiraxsarco.com)

#### Ball float steam traps - product range

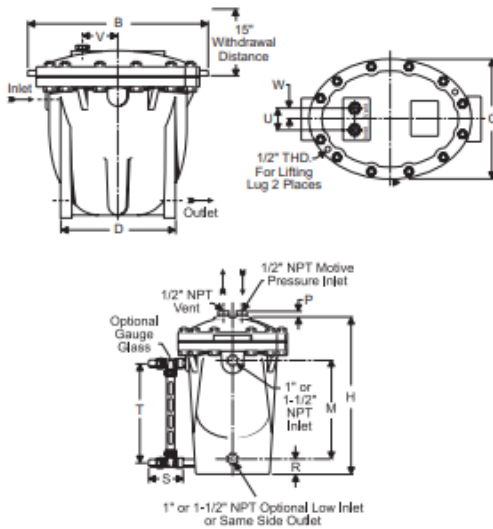
Material	Maximum operating pressure	Connection	Sizes								Installation
			DN15 1/2"	DN20 3/4"	DN25 1"	DN32 1 1/4"	DN40 1 1/2"	DN50 2"	DN80 3"	DN100 4"	
Cast iron	13 bar g	Flanged			FT43		FT43 FT53		FT43		Horizontal
					FT43V		FT43V FT53V				Vertical down
	14 bar g	Screwed					FT14				Horizontal

Fuente: (Spirax Sarco, s.f.)

# Pump Trap



## PT-200 Series Low Profile Cast Iron Pump Trap



	PT-204 PT-206	
	in	mm
"B"	20-7/16	519
"C"	13-1/2	342
"D"	12-15/16	328
"H"	19	482
"M"	11-35/64	293
"P"	23/32	18
"R"	2-1/32	51
"S"	4-3/8	111
"T"	12	305
"U"	2-1/4	57
"V"	4-1/8	104
"W"	1-1/8	28
Weight lb (kg)	210 (96)	
Number of Body/Cap Bolts	12	
Check Valve Conn. in (mm)	1 (25)	1-1/2 (40)
Bronze Check Valves lb (kg)	4 (2)	9 (4)
Stainless Steel Check Valves lb (kg)	4 (2)	9 (4)

Maximum Allowable Pressure (Vessel Design) 150 psig @ 450°F (10 bar @ 232°C)  
Maximum Operating Pressure 125 psig (9 bar)

Model	PT-200 Capacity Conversion Factors for Other Fill Heads									
	Fill Head		in		mm		in		mm	
	0	6	152	12	305	24	610	36	914	
PT-204	0.7	1	1.1	1.3	1.4					
PT-206	0.7	1	1.1	1.3	1.4					

NOTE: Fill head is measured from drain point to top of cap. See figures on page 234.

PT-200 Pumping Trap Capacities											
Motive Pressure		Total Lift or Back Pressure		PT-204 (6" Fill Head) 1" x 1"				PT-206 (6" Fill Head) 1-1/2" x 1-1/2"			
				Steam Motive		Air Motive		Steam Motive		Air Motive	
				lb/hr	kg/hr	lb/hr	kg/hr	lb/hr	kg/hr	lb/hr	kg/hr
15	1.0	5	0.34	1,800	816	2,100	953	2,700	1,225	3,000	1,361
25	1.7			2,025	919	2,300	1,043	3,200	1,451	3,500	1,588
50	3.5			2,100	953	2,500	1,134	3,400	1,542	3,600	1,633
75	5			2,200	998	2,700	1,225	3,500	1,588	3,700	1,678
100	7			2,300	1,043	*	*	3,600	1,633	*	*
125	8.5			2,400	1,089	*	*	3,700	1,678	*	*
25	1.7	15	1	1,500	680	2,000	907	2,400	1,088	2,700	1,225
50	3.5			2,000	907	2,250	1,021	3,200	1,451	3,400	1,542
75	5			2,100	953	2,500	1,134	3,300	1,497	3,500	1,588
100	7			2,110	957	*	*	3,350	1,520	*	*
125	8.5			2,125	964	*	*	3,400	1,542	*	*
35	2.5	25	1.5	1,500	680	1,700	771	2,100	953	2,300	1,043
50	3.5			1,700	771	2,000	907	2,400	1,089	2,600	1,179
75	5			1,900	862	2,300	1,043	2,700	1,225	2,900	1,315
100	7			2,000	907	*	*	2,800	1,270	*	*
125	8.5			2,100	953	*	*	2,900	1,315	*	*
50	3.5	40	2.75	1,400	635	1,700	771	1,500	680	2,000	907
60	4			1,500	680	2,000	907	2,000	907	2,300	1,043
75	5			1,700	771	2,200	998	2,300	1,043	2,500	1,134
100	7			1,800	816	*	*	2,400	1,089	*	*
125	8.5			1,920	871	*	*	2,500	1,134	*	*
70	4.5	60	4	1,100	499	2,000	907	1,150	522	2,000	907
75	5			1,300	590	2,300	1,043	1,325	601	2,300	1,043
100	7			1,600	726	*	*	1,900	862	*	*
125	8.5			1,720	780	*	*	2,000	907	*	*

NOTES: Published capacities are based on the use of external check valves supplied by Armstrong. Fill head measured from drain point to top of pump cap. See figures on page 234. Although motive pressures are shown at high pressure differentials (difference between motive inlet pressure and total lift or back pressure), it is preferable to use a motive pressure of 10 - 15 psig (0.65 - 1.0 bar) above discharge (outlet) pressure. This ensures longevity of economical (bronze) check valves and reduces both venting time and temperature differential (on steam). If a higher differential is used, stainless steel check valves are recommended. \*Consult factory.

Fuente: (Armstrong, 1998)

## Características Específicas de las trampas de vapor

Cómo Varios Tipos de Trampas de Vapor Satisfacen Requisitos Específicos de Operación						
Código	Característica	Balde Invertido	F&T	Disco	Termostático	Controlador Diferencial
A	Modo de Operación	(1) Intermitente	Continuo	Intermitente	(2) Intermitente	Continuo
B	Ahorro de Energía (Tiempo en Servicio)	Excelente	Buena	Deficiente	Adecuada	(3) Excelente
C	Resistencia al Desgaste	Excelente	Buena	Deficiente	Adecuada	Excelente
D	Resistencia a la Corrosión	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente
E	Resistencia al Impacto Hidráulico	Excelente	Deficiente	Excelente	(4) Deficiente	Excelente
F	Venteeo de aire y CO <sub>2</sub> a la temperatura del vapor	Sí	No	No	No	Sí
G	Capacidad para Ventear Aire a Presiones Muy Bajas (0.02 bar)	Deficiente	Excelente	(5) NR	Buena	Excelente
H	Capacidad para Manejar Cargas de Aire al Arranque	Adecuada	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
I	Funcionamiento al Existir Contrapresión	Excelente	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
J	Resistencia a Daños por Congelamiento	Buena	Deficiente	Buena	Buena	Buena
K	Capacidad para Purgar el Sistema	Excelente	Adecuada	Excelente	Buena	Excelente
L	Desempeño con Cargas Muy Ligeras	Excelente	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
M	Respuesta a Formación Rápida de Condensado	Inmediata	Inmediata	Retardada	Retardada	Inmediata
N	Capacidad para Lidar con Suciedad	Excelente	Deficiente	Deficiente	Adecuada	Excelente
O	Tamaño Relativo	(7) Grande	Grande	Pequeño	Pequeño	Grande
P	Capacidad para Manejar Vapor Flash (Espontáneo)	Adecuada	Deficiente	Deficiente	Deficiente	Excelente
Q	Falla Mecánica (Abierta - Cerrada)	Abierta	Cerrada	(8) Abierta	(9)	Abierta

Fuente: (Armstrong, 1998)



## 11.3. DATOS DE LOS SISTEMAS DE IMPLEMENTACIÓN

### Chips de Madera



#### Ficha Tecnica - Astillas

<b>Burucha</b>		
Descripcion	Densidad a granel <sup>(1)</sup>	300 - 350 kg/m <sup>3</sup>
	Humedad <sup>(2)</sup>	25 - 55 %
	Tamaño partículas <sup>(3)</sup>	10mm < 30mm 80.00% Otros 20.00%
	Temperatura proceso	Temperatura ambiental
Comentarios	<i>(1) Depende de la humedad</i> <i>(2) Varía por diversos factores</i> <i>(3) Se asegura un 80% dentro de la dimensión especificada</i>	



Fuente: Tomado de [www.pelletics.com](http://www.pelletics.com)

## Pellets



### Ficha Técnica del Producto

Pellets de madera		
Descripción	Diámetro	6mm
	Longitud	< 40mm
	Densidad a granel	650 kg/m <sup>3</sup>
	Densidad del pellet	1.1-1.2 ton/m <sup>3</sup>
	Contenido de humedad	< 10%
	Contenido de ceniza	< 3 %
	Valor Calorífico (recibido)	4,440 kcal/kg   18.61 MJ/kg
	Densidad de Energía	12,096.5 MJ/m <sup>3</sup>
	Contenido Volátil	91.6%
	temperatura deformación de ceniza	1452 °C
	Sulfúricos	0.040%
	Nitrogeno	< 0.3 %
	Cloro	0.013%
	Aditivos	< 0.1 %
Polvo	< 1 %	

Explicación del análisis	
Contenido de Humedad [5-10%]	Entre más alto el contenido de agua, menor contenido de energía Con un contenido de humedad muy alta (>15%) existe el riesgo de descomposición biológica. Nuestros pellets dan un valor calorífico óptimo y la posibilidad de que el producto sufra descomposición biológica está descartada.
Contenido Cenizas [1.5 - 15%]	un contenido de cenizas más alto indica el contenido de materiales ajenos. (aditivos, partículas, otros desechos) un contenido mayor trae el riesgo de escoria* (*revisar temperatura de deformación)
Temperatura de deformación de ceniza [1200 - 1500 °C]	A temperaturas bajas existe el riesgo potencial de escoria o/y de recubrimiento (depende de las condiciones de operación) A temperaturas de deformación más alta habrá menos escoria y menos deformación física y química de las cenizas.
Valor Calorífico [16.5 - 18.6 MJ/kg]	El Valor calorífico es la energía total liberada de un combustible quemado en el aire, este incluye el calor de la condensación del agua dentro los combustibles. Representa así la energía máxima potencialmente recuperable de un combustible de biomasa en específico. Un valor calorífico mayor resulta en mejor combustión y mayor economía.

Fuente: Tomado de [www.pelletics.com](http://www.pelletics.com)

# Cotización MONARO



Metro Free Zone, Barreal Heredia  
 Edificio 7-B  
 Cédula Jurídica: 3-101-284353  
 Tel: +506 2239-4166  
 Fax: +506 2239-4916  
 monaro@monarocr.com  
 www.monarocr.com

## PROFORMA: 11-001-20P

**Cliente:** Hospital San Juan de Dios  
**Atención:** Sr. Sebastián Loaiza  
**Fecha:** 5/11/2020

**Solicitud:**  
**Teléfono:** 8555-9561  
**Código:** 4

Item	Cant.	Descripción	Medida	Precio Unitario	Valor Total
1	28	Transmisor AIM de trampas para vapor, Wireless HART Modelo: ST5700 Marca: ARMSTRONG	N/A	\$ 1 320.00	\$ 36 960.00
2	5	Batería de repuesto para transmisor AIM Modelo: B29 Marca: ARMSTRONG	N/A	\$ 45.00	\$ 225.00
3	28	Disipador de calor para transmisor AIM Modelo: H5 Marca: ARMSTRONG	N/A	\$ 60.00	\$ 1 680.00
4	26	Abrazadera para transmisor AIM, 1/2"-3/4" Modelo: D1520 Marca: ARMSTRONG	1/2"-3/4"	\$ 53.00	\$ 1 378.00
5	2	Abrazadera para transmisor AIM, 2" Modelo: D50 Marca: ARMSTRONG	2"	\$ 60.00	\$ 120.00
				0%	<b>Subtotal</b> \$ 40 363.00
					<b>Descuento</b> \$ -
				13%	<b>Subtotal</b> \$ 40 363.00
					<b>I.V.A.</b> \$ 5 247.19
					<b>TOTAL</b> \$ 45 610.19

**Moneda:** Dólares.  
**Términos de Pago:** Crédito 30 días.  
**Tiempo de Entrega:** A definir.  
**Lugar de Entrega:** A definir.  
**Validez de Oferta:** 30 días.

### Atentamente

Ing. Efrén E. Vargas Delgado  
 Dpto. Ingeniería



# Sistema de Monitoreo AIM ST5700 Series y WirelessHART



## AIM® ST5700 Series & WirelessHART™

### Why Steam Trap Monitoring?

If the steam trap **fails open** (Leaking or Blow-Through):

- Increased back pressure.
  - Reduced flow for surrounding steam traps.
- Steam losses (monetary losses).
- Safety issue.
- Environmental issue...

If the steam trap **fails closed** (Cold):

- Wet steam.
  - Water hammering.
  - Damaged turbine LP saturated steam stage.
  - Piping corrosion.
  - Erosion on valves, reducers.
- "Stalling" or flooded heat exchanger.
  - Decrease in production.
  - Reduced heat transfer.
  - Batch process losses.
  - Thermal stress.

There are **3 challenges** for an effective steam trap monitoring:

- Identifying a failure – What, when, and where?
- Evaluating the scope – How big of an impact?
- Measuring the impact – Value the tangible and intangible losses.

AIM® enables you to tackle all three challenges with one system solution that combines a mix of methods including steam trap specific acoustic and temperature monitoring with integrated smart wireless solutions.

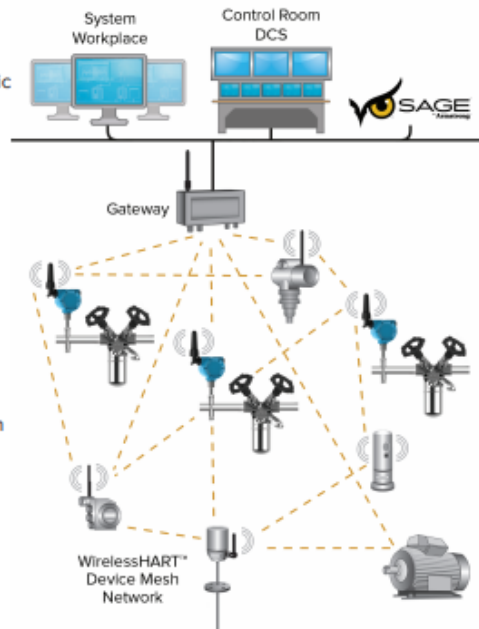
### WirelessHART™ Protocol

WirelessHART™ is a highly reliable, easy to deploy wireless communications protocol for process automation applications. It adds wireless capabilities to HART technology while maintaining compatibility with existing HART devices, commands, and tools. WirelessHART uses mesh networking technology. Each device in a mesh network can serve as a router for messages from other devices. In other words, a device doesn't have to communicate directly to a gateway, but just forward its message to the next closest device. This extends the range of the network and provides redundant communication routes to increase reliability, particularly in the difficult radio environment found in process facilities.



Orifice	Steam Loss Thru an Orifice • Drip & Tracer Application					
	10barg [kg/day]	150psig [lb/day]	17barg [kg/day]	250psig [lb/day]	28barg [kg/day]	400psig [lb/day]
#38	495	1 091	796	1 754	1 246	2 747
7/64"	575	1 267	924	2 036	1 447	3 190
1/8"	751	1 655	1 207	2 660	1 890	4 167
5/32"	1 173	2 586	1 885	4 156	2 953	6 511
11/64"	1 419	3 129	2 281	5 029	3 573	7 878
3/16"	1 689	3 724	2 714	5 984	4 253	9 376
7/32"	2 299	5 068	3 695	8 145	5 788	12 761
1/4"	3 003	6 620	4 826	10 639	7 560	16 668
5/16"	4 692	10 343	7 540	16 623	11 813	26 043
3/8"	6 756	14 894	10 858	23 937	17 011	37 502
1/2"	12 011	26 479	19 303	42 556	30 241	66 671
9/16"	15 201	33 512	24 430	53 859	38 274	84 380
11/16"	22 707	50 061	36 495	80 457	57 175	126 050
3/4"	27 024	59 577	43 432	95 750	68 043	150 009

Blow-Through steam trap, Outlet Pressure < (Inlet Pressure/2)  
Source: AM0017 by UNFCCC



Designs, materials, weights and performance ratings are approximate and subject to change without notice. Visit [armstronginternational.com](http://armstronginternational.com) for up-to-date information.



# AIM® ST5700 Series & WirelessHART™

Simple • Smart • Sustainable



INSTALL



JOIN NETWORK



MONITOR

DCS INTEGRATION



SAGE® SOFTWARE

- No steam trap set-up (operating pressure, trap details, rate).
- No integration to external software necessary.
- Transmitted Information to gateway:
  - Primary Variable (PV) → Steam Trap Condition: 1=OK, 2=COLD, 3=BLOW-THRU
  - Secondary Variable (SV) → Current Temperature (°C or °F)
  - Tertiary Variable (TV) → Temperature Setting (°C or °F)
  - Quaternary Variable (QV) → Estimated Battery Life (Days)
- Acoustic range specifically calibrated for steam traps.
- Patented waveguide for proper acoustic filtration and vibration resistance.
- Non-intrusive installation, clamped directly on the pipe ahead of the steam trap.
- Waveguide hardware allows multiple transmitter installation orientations.
- 24/7 monitoring of the steam trap population.
- AIM® devices scattered on the steam system will strengthen the wireless network.

SAGE® keeps you fully informed, 24 hours a day by providing regular updates, precise documentation, custom-filtered reports, and real-time alerts to notify you immediately of any problems that arise.

SAGE® calculates steam loss data and reports it using our proprietary steam system efficiency methodology approved by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

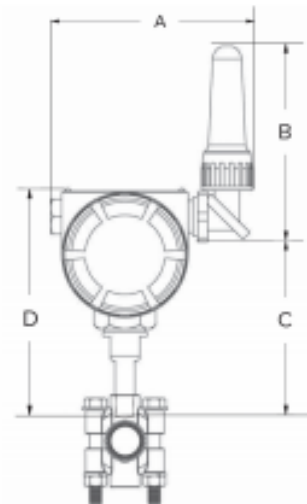
Specifications	
Housing Material	Epoxy coated aluminum
Waveguide Material	CF8M casting with SS316 bolts
Protection Rating	IP66
Ambient Temperature	-40°F to 194°F (-40°C to 90°C)
Min. Operating Pressure	15psig (1 barg)
Max. Process Temperature	824°F (440°C) *
Battery Type	Standard Tadiran TLH-5920 Lithium-metal
Pipe Diameter	½" to 6" (DN15 to DN150)
Weight (without waveguide)	2.2lbs (1kg)

\* See IOM, not derated on ambient temperature using specific installation kit.



Scan to learn more about WirelessHART™ steam trap monitoring solution.

Dimensions		
	[in]	[mm]
A	5.2	132
B	5.0	126
C	4.5	115
D	5.8	146



Designs, materials, weights and performance ratings are approximate and subject to change without notice. Visit [armstronginternational.com](http://armstronginternational.com) for up-to-date information.

North America • Latin America • India • Europe / Middle East / Africa • China • Pacific Rim  
[armstronginternational.com](http://armstronginternational.com)

## Cotización TecnoSagot



**Empresa:** Hospital San Juan de Dios  
**Contacto:** Sebastián Loaiza  
**Correo:** [Sebastian.Loaiza.cs.loaiza.p@gmail.com](mailto:Sebastian.Loaiza.cs.loaiza.p@gmail.com)  
**Teléfono:**

**Fecha:** 3.11.2020  
**Consecutivo:**  
**Solicitud:**  
**Fax:**

En atención a su solicitud, es un gusto presentarle la siguiente oferta:

Línea	Cant.	U.M.	Código	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	1.00	Unid	NA	Sistema de monitoreo remoto de trampas de vapor. Incluye: Sensores de temperatura y ultrasonido marca TLV modelo IT5 (Trap Sensor en 28 trampas de vapor. - Ingeniería de fábrica para el diseño y configuración del sistema inalámbrico de comunicación. - Instalación y puesta en marcha.	-	\$ 99,000.00

Nota: el precio puede variar dependiendo de las condiciones físicas en sitio y de la cantidad de repetidores de señal que se deben instalar.

<b>Observaciones:</b>	<b>Sub total</b>	<b>\$</b>	<b>99,000.00</b>
1. Toda anulación de pedido con trámite de importación directa, tiene un cargo de 25% sobre el valor total de la orden de compra si el pedido ya se encuentra procesado en fábrica o está listo para despacharse.	<b>Descto.</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>
2. Cantidades sujetas a las existencias en bodega al momento de realizar la compra.	<b>Sub total</b>	<b>\$</b>	<b>99,000.00</b>
	<b>I.V.A</b>	<b>\$</b>	<b>12,870.00</b>
	<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>111,870.00</b>

### CONDICIONES

**Vigencia de oferta:** 15 días.  
**Tiempo de entrega:** Por determinar  
**Lugar de entrega:** Sus instalaciones.  
**Forma de pago:** Por negociar  
**Cuentas bancarias:** Banco Nacional COLONES No. 100-01-000-195665-5 / Cliente 15100010011956657 DÓLARES No. 100-02-000-613588-3 / Cliente 151000100 26135883. Banco Costa Rica COLONES No. 001-0223717-2 / Cliente 15201001022371722. En Vivienda COLONES No. 10400 00347203 0113. Scotiabank COLONES No. 1230000 301 353 9007. BAC San José COLONES No. 900554270 / Cliente 10200009005542707

Esperamos que esta propuesta sea de su agrado. No dude en contactarnos para cualquier consulta adicional.

Cordialmente,

**Jose M Salazar - Asesor Técnico**  
**Teléfono:** 2290-1664 ext. 124 - **Fax:** 2290-0640 - **Celular:** 6041-9956  
**Correo:** [ventas5@tecnosagot.com](mailto:ventas5@tecnosagot.com) - **Visítenos en** [www.tecnosagot.com](http://www.tecnosagot.com)  
TecnoSagot S.A. - Cédula Jurídica 3-101-077573

# Cotización Hurst Boiler



## **4.2 ONE (1) 600hp,150 PSIG DESIGN BIOMASS FIRED BOILER WITH RECIPROCATING GRATE**

Hurst Boiler & Welding Co., Inc. presents the boiler system as outlined in this proposal for equipment and services to include:

### **Boiler Equipment**

- (1) Hurst 600 / 150 PSIG Vessel (Sunflower Hull)
- Grate Assembly (Reciprocating)
- Wet Ash Conveyor
- Panel PLC
- Metering bin
- Air heater
- Soot blowers
- Steam flow meter

**Total Ex Works Coolidge Georgia..... \$ 1,014,035.00**

### **Auxiliary equipment to consider:**

- Secondary pollution equipment ..... By Others
- Deaerator ..... \$ 73,500.00
- 3 section walking floor..... \$ 167,750.00
- Chemical feed system BDS and twin water softener..... \$ 18,976.00

## **4.3 DELIVERY**

Based on the present shop load and the materials on hand, delivery of the proposed equipment will be TBD from final approval of layout drawings.

## **4.4 TERMS**

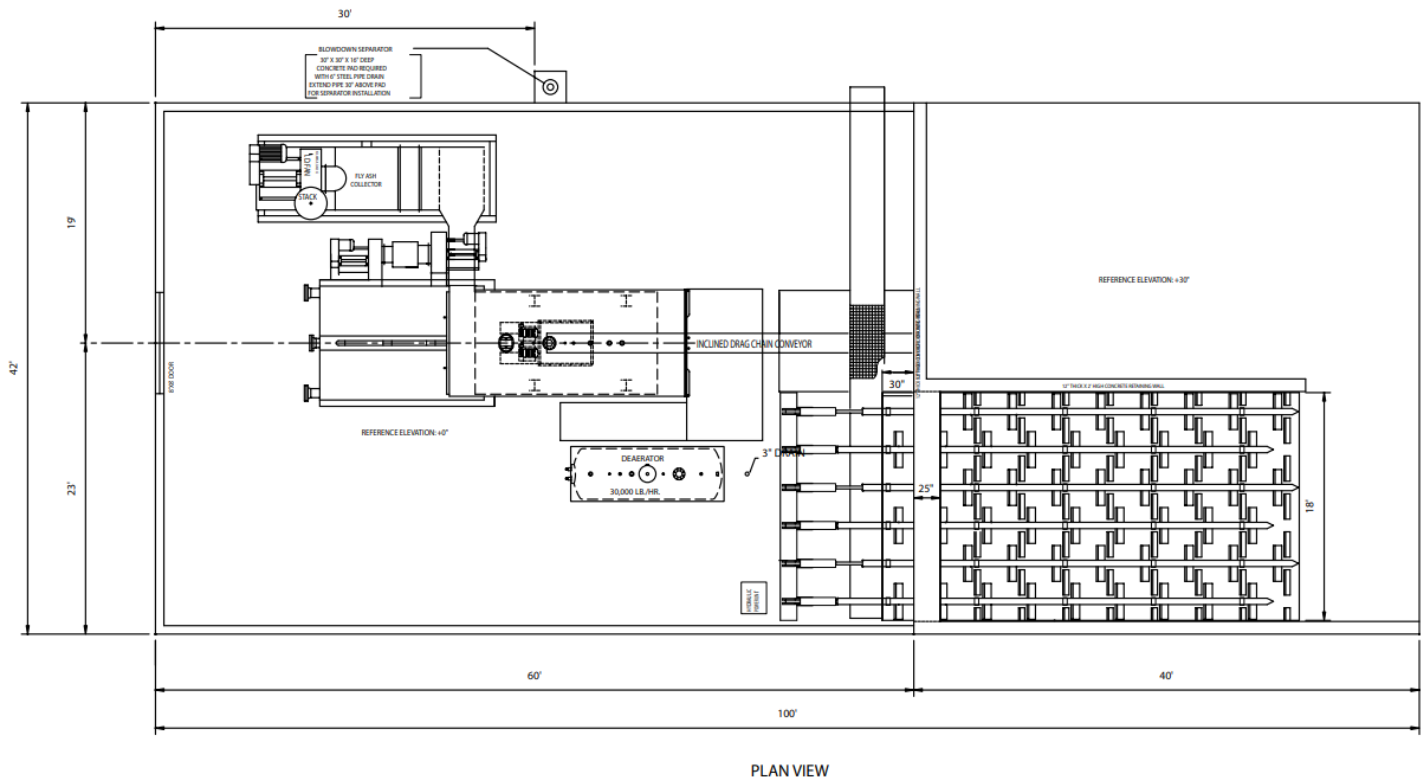
- 35% Upon receipt of order
- 65% Upon notification equipment is ready to ship

*Dennis Dauphin*  
**Dennis Dauphin**

Thank you for your business!



## Diagrama de Distribución Caldera de Biomasa



SFD# 600 HP  
pg01  
Hybrid w/ walking floor  
fuel feed system.

## Administrativo

Buenos días,

Debido a que no contamos con medidores de vapor en las líneas de suministro hacia los clientes (Hospital San Juan de Dios, Hospital Blanco Cervantes, Hospital de Niños y la Lavandería Zeledón Venegas) de la planta de calderas no se puede dar un dato exacto para calcular el factor de demanda, por tal motivo se deja a criterio del estudiante presentar dicho factor y con esto completar los datos pertinentes.

Agradezco su comprensión.

Saludos cordiales.



**Manuel Corrales Cascante**  
 Depto. Ingeniería y Mantenimiento  
 Hospital San Juan de Dios  
 ext. 8389 | 2547-8000  
 macorral@ccss.sa.cr



## 12. ANEXOS

---

### 12.1. POLÍTICA ENÉRGICA

#### Líneas Estratégicas

El DIM es un departamento comprometido a la correcta gestión de los recursos energéticos y mejora continua del desempeño como un instrumento eficiente dentro de la administración empresarial. Además del compromiso social de la naturaleza e importancia del correcto manejo del uso y consumo de la energía en las labores diarias de la institución.

1. Fortalecimiento de la institucionalidad en el sector energético.
2. Promoción de la cultura y ahorro energético.
3. Integración energética integral.
4. Estrategia Institucional enfocada en la sostenibilidad y viabilidad energética.
5. Innovación y desarrollo tecnológico.

#### Visión

“Ser un departamento líder en el manejo integral de la energía mediante un desarrollo sustentable, sostenibilidad financiera, satisfacción de las necesidades de los usuarios, viabilidad de los recursos técnicos y armonía con el ambiente humano de la institución.”

#### Objetivos

##### General

1. Garantizar el abastecimiento de la energía conveniente, continua, de alta calidad y que cumpla con requisitos financieros razonables mediante la promoción de una cultura eficiente y ahorro energético.

##### Específicos

1. Fortalecer el marco institucional que promueva, oriente y regule el desarrollo de los recursos energéticos mediante las debilidades y oportunidades existentes a nivel estratégico.

2. Promover el ahorro y uso oportuno de los recursos energéticos mediante la aplicación de planes de acción eficientes y promoción de una educación energética, buscando la disminución de costos operacionales.
3. Impulsar el desarrollo de tecnologías energéticas en el sistema de vapor, con el fin de la propiciación de soluciones reales e innovadoras al modelo de gestión de la energía.
4. Reducir los efectos ambientales promoviendo prácticas que consideren la viabilidad de los recursos mediante la estrategia integral del desempeño y sostenibilidad energética.

### **Metas**

1. Emplear de manera eficaz la energía que se consume en el hospital dentro de sus diferentes actividades y procesos, para de este modo preservar el recurso natural, disminuir costos y mejorar la competitividad del departamento.
2. Establecer planes de acción financieros y operacionales que permitan la correcta gestión de uso y consumo de la energía.
3. Reestructurar los planes de mantenimiento para mejorar el desempeño energético y asegurar la eficiencia del MGE.
4. Compromiso del DIM para la mejora continua del MGE, por ende, se compromete a optimizar la demanda de energía y diseñar un plan estratégico para el ahorro significativo del vapor.
5. Comunicar los resultados sobre el desempeño energético y el cumplimiento de los planes en periodos de tiempo establecidos.
6. Asegurar la disponibilidad de la información, recurso humano y económico para cumplir con los planes de acción y labores diarias.
7. Generar un ambiente de buena comunicación entre la gerencia y los involucrados dentro del MGE, en materia energética y financiera.
8. Fortalecer las competencias, capacidades y responsabilidades del personal para la ejecución de las actividades diarias.

## **Innovación y tecnología**

1. Investigación sobre la implementación de sistemas expertos para monitoreo de los equipos de demanda del sistema de vapor.
2. Diseño e implantación de sistema de información energético.
3. Diversificación de la matriz y fomento de fuentes de energía renovable.
4. Estructurar y organizar sistemas que promuevan la investigación científica y tecnológica en el área energética mediante procedimientos energéticos.

## 12.2. TRAMPAS DE VAPOR

Tabla 12.1. Resultados de la Inspección de las 55 trampas de vapor

Número	Código	Unidad	Equipo	Modelo	Marca	Tipo	Modo de Operación	Estado	Presión de Entrada (psi)	Presión de Entrada (bar)	Presión (psi)	Presión (bar)														
1	ON-PT-01-01-OA	Oncología Hombres y Mujeres	Tanques de Agua Caliente	PT - 206	Armstrong	Pump Trap	Carga Normal	Abierta	40	2,76	52,81	3,64														
2	ON-PT-01-02-OC					Cerrada					52,81	3,64														
3	ON-BI-01-03-OA			811		Balde Invertido			40	2,76	52,81	3,64														
4	ON-BI-01-04-OA			FT43V	Spirax Sarco	Flotador			40	2,76	52,81	3,64														
5	ON-BI-01-05-OA											52,81	3,64													
6	NU-BI-01-01-OA	Nutrición	Tanques de Agua Caliente	811	Armstrong	Balde Invertido	Carga Normal	Abierta	40	2,76	52,81	3,64														
7	NU-BI-01-02-OA												52,81	3,64												
8	NU-BI-01-03-OA												52,81	3,64												
9	NU-BI-01-04-OA												52,81	3,64												
10	NU-BI-01-05-OA											52,81	3,64													
11	NU-BI-01-06-OC											Cerrada		52,81	3,64											
12	NU-BI-01-07-OA													52,81	3,64											
13	NU-BI-01-08-OA			Marmitas				811			Armstrong			Abierta	40	2,76	52,81	3,64								
14	NU-BI-01-09-OA								52,81	3,64																
15	NU-BI-01-10-OA								52,81	3,64																
16	NU-BI-01-11-OA								52,81	3,64																
17	TS-BI-01-01-OA		Tanques de Suministro		Estación de Bunker	849			Spirax Sarco	Balde Invertido				Carga Normal			Abierta	40	2,76	52,81	3,64					
18	TS-BI-01-02-OA					811														Armstrong			40	2,76	52,81	3,64
19	TS-BI-01-03-OA																								52,81	3,64
20	TS-PT-01-01-OA		Rehabilitación		Tanques de Agua Caliente	FT43V			Spirax Sarco	Flotador				Carga Normal			Abierta	40	2,76	52,81	3,64					
21	TS-PT-01-02-OA														52,81	3,64										
22	CA-BI-01-01-OA	Calderas	Calderas	849	Spirax Sarco	Balde Invertido	Carga Normal	Abierta	40	2,76	52,81	3,64														
23	CA-BI-01-02-OA													52,81	3,64											
24	CA-BI-01-03-OA													52,81	3,64											
25	CA-BI-01-04-OA													52,81	3,64											
26	MD-BI-01-01-OA										Otras	Otras	811	Armstrong	Balde Invertido	Carga Normal	Abierta	40	2,76	52,81	3,64					
27	LC-BI-01-01-OA	Laboratorio Clínico	Autoclaves	811	Armstrong	Balde Invertido	Carga Normal	Abierta	40	2,76	52,81	3,64														
28	LC-PT-01-02-OC					Pump Trap						Cerrada		52,81	3,64											
29	LC-PT-01-03-OA											Abierta		40	2,76	52,81	3,64									
30	NE-BI-01-01-OA			Neurología		Tanques de Agua Caliente					811	Armstrong	Balde Invertido	Carga Normal	Abierta	40	2,76	52,81	3,64							
31	NE-BI-01-02-OC						Cerrada		52,81	3,64																
32	NE-BI-01-03-OA		FT43V		Spirax Sarco		Flotador		52,81	3,64																
33	NE-BI-01-04-OA								52,81	3,64																
34	NE-PT-01-05-OC		PT - 206		Armstrong		Pump Trap		40	2,76	52,81		3,64													
35	NE-PT-01-06-OA								52,81	3,64																
36	EM-BI-01-01-OA	Edificio Medicina	Tanques de Agua Caliente		811		Armstrong	Balde Invertido	Carga Normal	Abierta	40		2,76					52,81	3,64							
37	EM-PT-01-02-OA				PT - 206			Pump Trap						40	2,76	52,81	3,64									
38	EM-PT-01-03-OA													52,81	3,64											
39	EM-BI-01-04-OA				FT43V	Spirax Sarco		Flotador						40	2,76	52,81	3,64									
40	EM-BI-01-05-OA													52,81	3,64											
41	CE-BI-01-01-OA	Centro de Equipos	Autoclaves	811	Armstrong	Balde Invertido	Carga Normal	Abierta	40	2,76	52,81	3,64														
42	CE-BI-01-02-OA															52,81	3,64									
43	CE-BI-01-03-OA															52,81	3,64									
44	CE-BI-01-04-OA															52,81	3,64									
45	CE-BI-01-05-OA															52,81	3,64									
46	CE-BI-01-06-OA															52,81	3,64									
47	MD-BI-01-01-OA	Manifold	Tuberías de Distribución	811	Armstrong	Balde Invertido	Carga Normal	Abierta	40	2,76	52,81	3,64														
48	MD-BI-01-02-OA															52,81	3,64									
49	MD-BI-01-03-OA															52,81	3,64									
50	MD-BI-01-04-OA															52,81	3,64									
51	MD-BI-01-05-OA															52,81	3,64									
52	MD-BI-01-06-OA													52,81	3,64											
53	MD-BI-01-07-OA													40	2,76	52,81	3,64									
54	MD-BI-01-08-OA													52,81	3,64											
55	MD-BI-01-09-OA													52,81	3,64											

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Tabla 12.2. *Análisis Estadístico de las Muestras*

Trampa	Medición de Temperatura (°C)						Promedio (X)	Desviación (σ)	Muestras (N)
	1	2	3	4	5	6			
1	49,3	50,4	51,5	51,5	51,9	51,7	51,1	1,00	3,0
2	68,2	64,5	60,7	57,5	55,8	61,4	61,4	4,54	6,0
3	150	150	150	150	149	150	149,8	0,41	2,0
4	31,7	32	32,4	32	31,8	32	32,0	0,24	2,0
5	39,7	39,7	39,6	39,7	39,9	39,8	39,7	0,10	2,0
6	106	106	106	110	108	109	107,5	1,76	3,0
7	150	150	150	150	150	150	150,0	0,00	2,0
8	26,3	26,5	26,8	26,7	26,5	26,7	26,6	0,18	2,0
9	32,3	34,3	32,8	33,8	34,5	34,2	33,7	0,90	2,0
10	28,3	28,8	28,6	28	28,2	28	28,3	0,33	2,0
11	82,5	81,2	84,9	87,2	85,4	84,9	84,4	2,15	4,0
12	94,9	89,5	92,1	95,3	92,8	95,3	93,3	2,31	4,0
13	95,6	95,8	98,7	92,3	94,8	95,5	95,5	2,05	4,0
14	90,9	90,4	89,8	90,3	90,6	90,5	90,4	0,37	2,0
15	46,5	45,4	43,1	41,7	44,7	43,2	44,1	1,75	3,0
16	86,4	86	83,6	83,5	85,1	84,3	84,8	1,22	3,0
17	49,2	49,3	49,4	49,4	49,3	49,4	49,3	0,08	2,0
18	72,7	71,6	72,3	71,5	71,8	71,9	72,0	0,45	2,0
19	150	150	150	150	150	150	150,0	0,00	2,0
20	93,1	92,4	93,7	93,1	93,1	92,4	93,0	0,50	2,0
21	92,6	92,1	92,2	93,1	92,8	92,8	92,6	0,38	2,0
22	124	121	119	126	122	122	122,3	2,42	4,0
23	143	143	141	142	140	141	141,7	1,21	2,0
24	116	116	116	116	115	115	115,7	0,52	2,0
25	131	130	128	129	132	130	130,0	1,41	3,0
26	150	150	150	149	150	150	149,8	0,41	2,0
27	140	144	145	139	144	143	142,5	2,43	4,0
28	30,2	30,4	30,3	30	30,3	30,2	30,2	0,14	2,0
29	90,4	95	91,5	95,5	95,4	90	93,0	2,61	4,0
30	150	150	150	150	150	150	150,0	0,00	2,0
31	150	150	150	150	150	150	150,0	0,00	2,0
32	58,8	58,2	60,4	62,9	59,8	64,4	60,8	2,42	4,0
33	95,6	93,2	93,6	96,8	96,9	96,1	95,4	1,60	3,0
34	59,8	60,1	59,6	60,1	60,2	60	60,0	0,23	2,0
35	51,6	51,8	50	51,8	51,9	50,5	51,3	0,81	2,0
36	148	149	149	148	147	150	148,5	1,05	2,0
37	94,6	94	92,7	94,3	95	94	94,1	0,78	2,0
38	94,2	95	96,8	95,3	92,8	94,5	94,8	1,32	3,0
39	93,6	92,9	94	95,2	93,1	93,7	93,8	0,82	2,0
40	92,7	92,9	92,8	91,8	92,2	92,5	92,5	0,42	2,0
41	150	150	150	150	150	150	150,0	0,00	2,0
42	150	150	150	150	150	150	150,0	0,00	2,0
43	150	149	150	150	150	150	149,8	0,41	2,0
44	150	145	150	150	150	150	149,2	2,04	4,0
45	149	144	145	143	141	144	144,3	2,66	4,0
46	75,6	75	74,2	73,4	76,1	75,3	74,9	0,98	6,0
47	147	145	145	142	137	143	143,2	3,49	5,0
48	147	144	148	144	146	142	145,2	2,23	4,0
49	142	141	140	139	140	139	140,2	1,17	2,0
50	122	129	123	125	128	130	126,2	3,31	5,0
51	146	141	145	146	142	147	144,5	2,43	4,0
52	44,1	45,3	45,4	44,7	44,8	45,9	45,0	0,63	2,0
53	128	123	129	127	128	123	126,3	2,66	4,0
54	29,6	30,3	32	29,4	30,5	30,4	30,4	0,92	2,0
55	130	129	131	133	133	131	131,2	1,60	3,0

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Tabla 12.3. Pérdidas de Vapor para cada Trampa

Número	Código	Presión de Trabajo (psi)	Área del Orificio (in <sup>2</sup> )	Pérdidas de Vapor (kg/h)	Costo Económico (€/h)
3	ON-BI-01-03-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
4	ON-BI-01-04-OA	40	2	3870,11	23 094,73
5	ON-BI-01-05-OA	40	2	3870,11	23 094,73
6	NU-BI-01-01-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
7	NU-BI-01-02-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
10	NU-BI-01-05-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
11	NU-BI-01-06-OC	40	3/4	544,23	3 247,70
12	NU-BI-01-07-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
13	NU-BI-01-08-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
14	NU-BI-01-09-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
15	NU-BI-01-10-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
16	NU-BI-01-11-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
17	TS-BI-01-01-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
18	TS-BI-01-02-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
19	TS-BI-01-03-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
20	TS-PT-01-01-OA	40	2	3870,11	23 094,73
21	TS-PT-01-02-OA	40	2	3870,11	23 094,73
22	CA-BI-01-01-OA	40	1/2	241,88	1 443,42
23	CA-BI-01-02-OA	40	1/2	241,88	1 443,42
24	CA-BI-01-03-OA	40	1/2	241,88	1 443,42
25	CA-BI-01-04-OA	40	1/2	241,88	1 443,42
26	ND-BI-01-01-OA	40	3/4	241,88	1 443,42
27	LC-BI-01-01-OA	40	3/4	241,88	1 443,42
30	NE-BI-01-01-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
31	NE-BI-01-02-OC	40	3/4	544,23	3 247,70
32	NE-BI-01-03-OA	40	2	3870,11	23 094,73
33	NE-BI-01-04-OA	40	2	3870,11	23 094,73
36	EM-BI-01-01-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
39	EM-BI-01-OA	40	2	3870,11	23 094,73
40	EM-BI-01-05-OA	40	2	3870,11	23 094,73
41	CE-BI-01-01-OA	40	3/4	3870,11	23 094,73
42	CE-BI-01-02-OA	40	3/4	2176,94	12 990,78
43	CE-BI-01-03-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
44	CE-BI-01-04-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
45	CE-BI-01-05-OA	40	3/4	2176,94	12 990,78
46	CE-BI-01-06-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
47	MD-BI-01-01-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
48	MD-BI-01-02-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
49	MD-BI-01-03-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
50	MD-BI-01-04-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
51	MD-BI-01-05-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
52	MD-BI-01-06-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
53	MD-BI-01-07-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
54	MD-BI-01-08-OA	40	3/4	544,23	3 247,70
55	MD-BI-01-09-OA	40	3/4	544,23	3 247,70

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

## 12.3. SISTEMAS DE IMPLEMENTACIÓN A LA RED DE VAPOR

Tabla 12.4. *Planes de Acción para la detección y diagnóstico de las Trampas de Vapor*

Planes de Acción para la detección y diagnóstico de las Trampas de Vapor	
<b>Objetivo:</b> Reducir las pérdidas de condensado (kg/h) generadas por las trampas de vapor mediante el correcto diagnóstico de las unidades.	
<b>Meta:</b> Reducir a un 0% las pérdidas de condensado (℄/h) producto de las trampas de vapor	
<b>Descripción:</b> Para el cálculo de las pérdidas de condensado (℄/h) se encuentra en la sección de evaluación del proyecto para cada tipo de trampa, el indicador para evaluar es kg/h y ℄/h, este último varía según costos de producción.	
Plan N° 1	
<b>Tipo de Falla:</b> Trampa Fría y Sin Descarga	
N°	Actividad
1	Revisión de la presión de entrada, mantener en parámetros de operación (nivel alto)
2	Detectar si llega vapor o condensado a la trampa mediante método de inspección térmico
3	Revisión del estado de la trampa (interno y externo), mecanismo desgastado o defectuoso
4	Revisión de suciedad en el cuerpo de la trampa de vapor
5	Trampa de Balde Invertido revisar venteador
6	Trampa Flotador o Termostática, revisar venteador, posible falla por aire
7	Trampas Termostáticas revisar sistema e impacto al desgaste (hidráulico)
8	Trampa de Disco, revisar la instalación de la trampa
Plan N° 2	
<b>Tipo de Falla:</b> Trampa Caliente y Sin Descarga	
N°	Actividad
1	Revisar si llega condensado a la trampa mediante inspección térmica.
2	Verificar la instalación de la trampa
Plan N° 3	
<b>Tipo de Falla:</b> Pérdidas de Vapor	
N°	Actividad
1	Verificar el cierre de la válvula e incrustaciones internas
2	Verificar el ciclo de operación de descarga de vapor vivo (balde invertido)
3	Verificar los elementos termostáticos que pueden tener problemas al cerrar trampas (F&T)
Plan N° 4	
<b>Tipo de Falla:</b> Flujo Continuo	
N°	Actividad
1	Revisar la descarga de la trampa (posible trampa subdimensionada)
2	Suciedad en el interior de la trampa, verificar condiciones del vapor
Plan N° 5	
<b>Tipo de Falla:</b> Calentamiento Lento	
N°	Actividad
1	Revisar la instalación de las trampas (posible corto circuito)
2	Revisar la aplicación de la unidad (posible subdimensionamiento para la labor)
3	Revisar la capacidad de ventear aire de la trampa (usar trampas con venteador)
Plan N° 6	
<b>Tipo de Falla:</b> Problemas no determinados	
N°	Actividad
1	Problemas por contrapresión
2	Tubería de retorno pequeña (trampa caliente)
3	Tubería de retorno obstruida
4	Vacío excesivo en la tubería de retorno

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Tabla 12.5. Planes de Acción para la inspección de las trampas de vapor

**Planes de Acción para la Inspección de las Trampas de Vapor**

**Objetivo:** Reducir las pérdidas de condensado (kg/h) generadas por las trampas de vapor mediante el correcto diagnóstico y reparación de las unidades.

**Meta:** Reducir a un 0% las pérdidas de condensado (℄/h) producto de las trampas de vapor

**Descripción:** Para el cálculo de las pérdidas de condensado (℄/h) se encuentra en la sección de evaluación del proyecto para cada tipo de trampa, el indicador para evaluar es lb/h y ℄/h, este último varía según costos de producción.

**Plan N° 1**

**Tipo de Inspección:** Visual (sistemas abiertos)

N°	Actividad
1	Verificar el horario de operación de los equipos de demanda al momento de la inspección
2	Revisar instrumentos de presión (manómetros), ajustados a la presión de operación.
3	Revisar flujo sobre la tubería de entrada a la trampa de vapor (mirillas o válvula check)
4	Observar la descarga de las trampas de vapor (reconocer vapor flash y vapor vivo)

**Plan N° 2**

**Tipo de Inspección:** Térmica

N°	Actividad
1	Medir la temperatura a la entrada de la trampa de vapor.
2	Verificar que la gráfica de temperatura sea mayor en la entrada que en el cuerpo y salida de la trampa

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020



Tabla 12.6. Reportes de Mantenimiento Correctivo y preventivo para las trampas de vapor

<b>Reporte de Mantenimiento Correctivo y preventivo para las trampas de vapor del HSJD</b>			
<b>Encargado Inspección</b>		<b>Fecha</b>	
<b>Supervisor</b>		<b>N°</b>	
<b>Datos Técnicos</b>			
<b>Tipo de Trampa</b>		<b>Área</b>	
<b>Horario de Aplicación</b>		<b>Código</b>	
<b>Presión de Operación</b>		<b>Marca</b>	
<b>Modo de Operación</b>		<b>Estado</b>	
<b>Inspección</b>			
<b>Tipo de Inspección:</b>			
<b>Estado de la Trampa:</b>			
<b>Descripción:</b>			
<b>Diagnóstico</b>			
<b>Tipo de Fallo:</b>			
<b>Actividades Realizadas:</b>			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones y Recomendaciones</b>
Revisar la Línea			
Verificar Manómetros			
Descargar de Condensado			

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Tabla 12.7. Cuadro de Mando Integral

Perspectiva	Objetivo	Indicadores	Formula	Observaciones	Código	Unidad	Frecuencia	Responsable	Fuente de Información	Metas		
										Alto	Medio	Bajo
Financiera	Elaborar un plan de seguimiento de los recursos energéticos del sistema de vapor del HSJD.	Tasa de decrecimiento del costo de producción de vapor.	$TDE = \frac{vi - vI}{vf} \times 100$	Este indicador mide la tendencia de los costos de producción de vapor y la generación de oportunidades de ahorro energético.	1F - TDE	Porcentaje	Mensual	Gerencia del DIM	Costos de Producción	$x \geq 3,63\%$ (19,37%)	$3,63\% > x > 2,3\%$	$x \leq 2,3\%$
Cliente	Entregar a las diferentes áreas del HSJD la disponibilidad total de los equipos mediante la correcta aplicación de planes de acción y OT.	Operabilidad del Sistema de Vapor.	$OS = \frac{HOS}{HTD}$	Este indicador mide la operabilidad de los equipos del sistema de vapor de planta.	1C - OS	n	Semanal	Supervisores de Calderas	Reportes, OT.	$x = 1$	$0,9 \geq x > 0,8$	$x \leq 0,8$
		Fallas atendidas	$FA = \frac{NFR}{NFA}$	Este indicador mide la disponibilidad de los equipos de demanda del sistema.	1C - FA	n	Semanal	Supervisores de Calderas	Reportes, OT.	$x = 1$	$0,9 \geq x > 0,9$	$x \leq 0,8$
Procesos Internos	Elaborar estrategias de mantenimiento, sistemas de monitoreo e implementaciones de diseño al sistema de vapor para reducir 1% - 20% de los costos de los costos de producción de vapor.	Índice energético con respecto a la producción de vapor.	$IE = \frac{Cem}{Dm} + m$	Este indicador es la relación del consumo de energía con la demanda de vapor.	1P - IE	n	Mensual	Coordinador de Calderas	Costos de Producción	$x \geq 17,97$ (0,24)	$18,66 \geq x > 19$	$x \leq 19$
		Valor porcentual del consumo de combustible según los costos totales de producción.	$CEC = \frac{Cen}{CT} \times 100$	Este indicador es la relación del consumo de combustible con los costos totales de producción.	2P - CEC	Porcentaje	Mensual	Coordinador de Calderas	Costos de Producción y demanda.	$x < 15\%$	$15\% \leq x < 20\%$	$x > 21\%$
	Gestar una estrategia que permita el cumplimiento del protocolo mensual de mantenimiento para la mejora del nivel de servicio del departamento por medio de la eficiencia de las OT y reducción de los costos de mantenimiento.	Eficiencia de los Ejecutores de las Órdenes de Trabajo (OT)	$EOT = \frac{TOTT}{TOTR}$	Este indicador de eficiencia nos dice la ejecución de las órdenes de trabaja realizadas diariamente	3P - EOT	n	Diario	Coordinador de Calderas	Órdenes de Trabajo	$x > 0,95$	$0,95 \geq x > 0,9$	$x \leq 0,9$
Aprendizaje y Motivación	Capacitar al personal de calderas constantemente para su motivación y la mejora de los procesos de mantenimiento mediante charlas y talleres.	Encuestas al Personal.	$SP = \frac{ES}{ET} \times 100$	Este indicador porcentual nos dice la satisfacción personal, ambientes laboral y sobre las condiciones del personal con respecto a las capacitaciones o talleres dados.	1A - SP	Porcentaje	Trimestral	Administración DIM	Encuestas Realizadas	$x = 100\%$	$90\% \geq x > 80\%$	$x \leq 80\%$
		Tasa de Participación en Formaciones.	$TPF = \frac{NEA}{NTE} \times 100$	Este indicador porcentual nos dice la cantidad de empleados del área de mantenimiento que asistieron a las capacitaciones o talleres desarrollados.	2A - TPF	Porcentaje	Trimestral	Administración DIM	Encuestas Realizadas	$x = 100\%$	$90\% \geq x > 80\%$	$x \leq 80\%$
	Incrementar el control del sistema de vapor por medio del monitoreo periódico de los procesos.	Implementación de bases de datos estadísticas, sistemas de monitoreo en tiempo real.	Registros estadísticos de producción de vapor, SGen.	Estudio de las líneas de tendencias de los procesos y producción.	3A - AE	Porcentaje	Anual	Coordinador de Calderas	Registros	$x > 5\%$	$5\% \geq x > 3\%$	$x \leq 3\%$

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

## Perspectiva Financiera

$$\text{TDE} = \frac{V_i - V_f}{V_f} \times 100$$

*Ecuación 12.1.* Tasa de Decrecimiento del Costo de Producción de Vapor

Fuente: (Araya, 2014)

Donde:

TDE = Tasa de Decrecimiento del Costo de Producción de Vapor

$V_i$  = Valor del Costos de Producción de Vapor en el periodo anterior

$V_f$  = Valor del Costos de Producción de Vapor en el periodo actual

Tabla 12.8. Resultados de la Tasa de Decrecimiento del Costo de Producción de Vapor

Rubro	Sin MGE	Sistemas de Monitoreo	Caldera de Biomasa	Ambos
$V_i$ (C)	¢44 515 005,26	¢44 515 005,26	¢44 515 005,26	¢44 515 005,26
$V_f$ (C)	¢43 512 280,79	¢42 956 111,26	¢37 180 669,66	¢35 621 775,65
<b>TDE</b>	<b>2,30%</b>	<b>3,63%</b>	<b>19,73%</b>	<b>24,97%</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020.

## Perspectiva Cliente

$$\text{OS} = \frac{\text{HOS}}{\text{HTD}}$$

*Ecuación 12.2.* Operabilidad Sistema de Vapor

Fuente: (Norma COVENIN 3049-93, 1993)

Donde:

OS = Operabilidad del Sistema

HOS = Horas Operando el Sistema

HTD = Horas Totales Disponibles

$$FA = \frac{NFR}{NFA}$$

*Ecuación 12.3. Fallas Atendidas*

Fuente: (Norma COVENIN 3049-93, 1993)

Donde:

FA = Fallas Atendidas

NFR = Número de Fallas Reportadas

NFA = Número de Fallas Atendidas

**Perspectiva Procesos Internos**

$$IE = \frac{\frac{Cem}{Dm} + m}{100}$$

*Ecuación 12.4. Índice Energético con respecto a los Costos de Producción de Vapor*

Fuente: (Araya, 2014)

Donde:

IE = Índice Energético con respecto a los Costos de Producción de Vapor

Cem = Costos Producción de Vapor promedio

Dm = Demanda promedio

m = Pendiente de la recta del gráfico Costos Producción de Vapor promedio

Tabla 12.9. *Resultados de la Índice Energético con respecto a los Costos de Producción de Vapor*

Rubro	Sin MGE	Sistemas de Monitoreo	Caldera de Biomasa
Cem	Ø1 349 076,70	Ø1 297 113,57	Ø1 349 076,70
Dm	498 404	498 404	498 404
m	-1 869	-1 800	-26,87
<b>IE</b>	<b>18,66</b>	<b>17,97</b>	<b>0,24</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

$$CEC = \frac{Cen}{CT} \times 100$$

*Ecuación 12.5.* Valor porcentual del Consumo de Combustible según Costos Totales de Producción

Fuente: (Araya, 2014)

Donde:

CEC = Valor porcentual del Consumo de Combustible según Costos Totales de Producción

Cen = Consumo de energía en colones Mensuales

CT = Costos Totales Mensuales

Tabla 12.10. *Resultados de la Valor porcentual del Consumo de Combustible según Costos Totales de Producción*

Rubro	Búnker	Búnker con Sistemas de Monitoreo	Caldera de Biomasa
Cen	¢30 917 267,97	¢29 358 373,96	¢27 476 366,10
CT	¢40 980 377,87	¢39 401 498,04	¢39 120 438,66
<b>CEC</b>	<b>75,44%</b>	<b>74,51%</b>	<b>70,24%</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

$$EOT = \frac{TOTT}{TOTR}$$

*Ecuación 12.6.* Eficiencia de los Ejecutores de las Órdenes de Trabajo

Fuente: (Norma COVENIN 3049-93, 1993)

Donde:

EOT = Eficiencia de los Ejecutores de las Órdenes de Trabajo

TOTT = Total de Órdenes de Trabajo Terminadas

TOTR = Total Órdenes de Trabajo Recibidas

## Perspectiva Aprendizaje y Motivación

$$\mathbf{SP = \frac{ES}{ET} \times 100}$$

*Ecuación 12.7. Encuestas al Personal*

Fuente: (Norma COVENIN 3049-93, 1993)

Donde:

SP = Encuestas al Personal

ES = Encuestas Solicitadas

ET = Encuestas Totales

$$\mathbf{TPF = \frac{NEA}{NTE} \times 100}$$

*Ecuación 12.8. Tasa de Participación en Formación*

Fuente: (Norma COVENIN 3049-93, 1993)

Donde:

TPF = Tasa de Participación en Formación

NEA = Número de Empleados Asistieron

NTE = Número Total de Empleados

Tabla 12.11. *Análisis Financiero Sistemas de Monitoreo de las Trampas de Vapor (811)*

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Condensado (kg/h)		544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23
Costo kg Vapor hora (\$)		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
<b>Ahorro Diario (\$)</b>		86,07	90,38	94,89	99,64	104,62	109,85	115,34	121,11	127,17	133,53
<b>Ahorro Anual (\$)</b>		31 416,13	32 986,93	34 636,28	36 368,09	38 186,50	40 095,82	42 100,61	44 205,64	46 415,93	48 736,72
Inversión Inicial (\$)	40 363,00										
Flujo de Efectivo (\$)	-40 363,00	31 416,13	32 986,93	34 636,28	36 368,09	38 186,50	40 095,82	42 100,61	44 205,64	46 415,93	48 736,72
Flujo de Efectivo Acumulado (\$)		31 416,13	64 403,06	99 039,34	135 407,43	173 593,93	213 689,75	255 790,37	299 996,01	346 411,94	395 148,66
Periodo de Recuperación	1,27										
VAN (\$)	201 478,24										
TIR	82,53%										

**Trampa de Vapor Armstrong 811 - 61 unidades**

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Condensado (kg/h)		544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23	544,23
Costo kg Vapor hora (\$)		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
<b>Ahorro Diario (\$)</b>		86,07	90,38	94,89	99,64	104,62	109,85	115,34	121,11	127,17	133,53
<b>Ahorro Anual (\$)</b>		31 416,13	32 986,93	34 636,28	36 368,09	38 186,50	40 095,82	42 100,61	44 205,64	46 415,93	48 736,72
Inversión Inicial (\$)	87 877,00										
Flujo de Efectivo (\$)	-87 877,00	31 416,13	32 986,93	34 636,28	36 368,09	38 186,50	40 095,82	42 100,61	44 205,64	46 415,93	48 736,72
Flujo de Efectivo Acumulado (\$)		31 416,13	64 403,06	99 039,34	135 407,43	173 593,93	213 689,75	255 790,37	299 996,01	346 411,94	395 148,66
Periodo de Recuperación	2,68										
VAN (\$)	273 676,42										
TIR	38,51%										

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020

Tabla 12.12. *Análisis Financiero de la Implementación de la Caldera de Biomasa sin Secador*

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo Mensual Ordinario de Búnker (\$)		\$73 654,88	\$78 589,76	\$83 855,28	\$89 473,58	\$95 468,31	\$101 864,69	\$108 689,62	\$115 971,82	\$123 741,94	\$132 032,65
Mantenimiento Mensual (\$)		\$2 000,00	\$2 000,00	\$2 000,00	\$2 000,00	\$2 000,00	\$2 000,00	\$2 000,00	\$2 000,00	\$2 000,00	\$2 000,00
<b>Gasto Mensuales (\$)</b>		\$75 654,88	\$80 589,76	\$85 855,28	\$91 473,58	\$97 468,31	\$103 864,69	\$110 689,62	\$117 971,82	\$125 741,94	\$134 032,65
<b>Gasto Anual (\$)</b>		\$907 858,62	\$967 077,14	\$1 030 263,31	\$1 097 682,95	\$1 169 619,71	\$1 246 376,23	\$1 328 275,44	\$1 415 661,89	\$1 508 903,24	\$1 608 391,76
Precio Chips de Madera/ton (\$)		\$46,38	\$47,77	\$49,20	\$50,68	\$52,20	\$53,77	\$55,38	\$57,04	\$58,75	\$60,51
Costo Chips de Madera/Mensual (\$)		\$24 452,53	\$25 186,11	\$25 941,69	\$26 719,94	\$27 521,54	\$28 347,18	\$29 197,60	\$30 073,53	\$30 975,73	\$31 905,00
Costo de Búnker/litro (\$)		\$0,50	\$0,53	\$0,57	\$0,60	\$0,64	\$0,69	\$0,73	\$0,78	\$0,83	\$0,89
Costo Búnker/Mensual (\$)		\$18 413,72	\$19 647,44	\$20 963,82	\$22 368,39	\$23 867,08	\$25 466,17	\$27 172,40	\$28 992,96	\$30 935,48	\$33 008,16
Mantenimiento Mensual (\$)		\$2 645,52	\$2 725,89	\$2 808,66	\$2 893,92	\$2 981,74	\$3 072,19	\$3 165,36	\$3 261,32	\$3 360,16	\$3 461,96
<b>Gasto Mensuales (\$)</b>		\$45 511,77	\$47 559,43	\$49 714,17	\$51 982,26	\$54 370,35	\$56 885,55	\$59 535,36	\$62 327,80	\$65 271,37	\$68 375,13
<b>Gasto Anual (\$)</b>		\$546 141,25	\$570 713,18	\$596 570,03	\$623 787,07	\$652 444,25	\$682 626,56	\$714 424,34	\$747 933,62	\$783 256,50	\$820 501,55
<b>Ahorro Anual (\$)</b>		\$361 717,37	\$396 363,97	\$433 693,28	\$473 895,88	\$517 175,46	\$563 749,67	\$613 851,10	\$667 728,28	\$725 646,74	\$787 890,21
Inversión Inicial (\$)	\$1 625 869,38										
Flujo de Efectivo (\$)	-\$1 625 869,38	\$361 717,37	\$396 363,97	\$433 693,28	\$473 895,88	\$517 175,46	\$563 749,67	\$613 851,10	\$667 728,28	\$725 646,74	\$787 890,21
Flujo de Efectivo Acumulado (\$)		\$361 717,37	\$758 081,34	\$1 191 774,61	\$1 665 670,50	\$2 182 845,96	\$2 746 595,63	\$3 360 446,73	\$4 028 175,01	\$4 753 821,75	\$5 541 711,96
Periodo de Recuperación		3,92									
VAN (\$)		\$1 674 653,59									
TIR		26,27%									

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020



Tabla 12.13. *Análisis Financiero de la Implementación de la Caldera de Biomasa con Secador*

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo Mensual Ordinario de Búnker (\$)		73 654,88	78 589,76	83 855,28	89 473,58	95 468,31	101 864,69	108 689,62	115 971,82	123 741,94	132 032,65
Mantenimiento Mensual (\$)		2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00
<b>Gasto Mensuales (\$)</b>		75 654,88	80 589,76	85 855,28	91 473,58	97 468,31	103 864,69	110 689,62	117 971,82	125 741,94	134 032,65
<b>Gasto Anual (\$)</b>		907 858,62	967 077,14	1 030 263,31	1 097 682,95	1 169 619,71	1 246 376,23	1 328 275,44	1 415 661,89	1 508 903,24	1 608 391,76
Precio Chips de Madera/ton (\$)		46,38	47,77	49,20	50,68	52,20	53,77	55,38	57,04	58,75	60,51
Costo Chips de Madera/Mensual (\$)		24 452,53	25 186,11	25 941,69	26 719,94	27 521,54	28 347,18	29 197,60	30 073,53	30 975,73	31 905,00
Costo de Búnker/litro (\$)		0,50	0,53	0,57	0,60	0,64	0,69	0,73	0,78	0,83	0,89
Costo Búnker/Mensual (\$)		18 413,72	19 647,44	20 963,82	22 368,39	23 867,08	25 466,17	27 172,40	28 992,96	30 935,48	33 008,16
Mantenimiento Mensual (\$)		2 645,52	2 725,89	2 808,66	2 893,92	2 981,74	3 072,19	3 165,36	3 261,32	3 360,16	3 461,96
<b>Gasto Mensuales (\$)</b>		45 511,77	47 559,43	49 714,17	51 982,26	54 370,35	56 885,55	59 535,36	62 327,80	65 271,37	68 375,13
<b>Gasto Anual (\$)</b>		546 141,25	570 713,18	596 570,03	623 787,07	652 444,25	682 626,56	714 424,34	747 933,62	783 256,50	820 501,55
<b>Ahorro Anual (\$)</b>		361 717,37	396 363,97	433 693,28	473 895,88	517 175,46	563 749,67	613 851,10	667 728,28	725 646,74	787 890,21
Inversión Inicial (\$)	2 025 869,38										
Flujo de Efectivo (\$)	-2 025 869,38	361 717,37	396 363,97	433 693,28	473 895,88	517 175,46	563 749,67	613 851,10	667 728,28	725 646,74	787 890,21
Flujo de Efectivo Acumulado (\$)		361 717,37	758 081,34	1 191 774,61	1 665 670,50	2 182 845,96	2 746 595,63	3 360 446,73	4 028 175,01	4 753 821,75	5 541 711,96
Periodo de Recuperación	4,70										
VAN (\$)	1 274 653,59										
TIR	20,27%										

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2020