



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ÁREA DE
CALDERAS Y DE LAVANDERÍA EN HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ**

Josué Ricardo Arturo Rodríguez Cortéz

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ÁREA DE
CALDERAS Y DE LAVANDERÍA EN HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSUÉ RICARDO ARTURO RODRÍGUEZ CORTÉZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

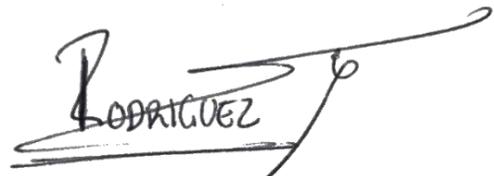
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ÁREA DE CALDERAS Y DE LAVANDERÍA EN HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 7 de abril de 2021.

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'R' followed by the name 'RODRIGUEZ' in capital letters. The signature is written over a horizontal line.

Josué Ricardo Arturo Rodríguez Cortéz



Guatemala, 12 de octubre de 2022
REF.EPS.DOC.12.10.2022

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica, **JOSUÉ RICARDO ARTURO RODRÍGUEZ CORTÉZ**, Registro Académico No. **201700935** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ÁREA DE CALDERAS Y DE LAVANDERÍA EN HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



NISZ/ns

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 21 de octubre de 2022
REF.EPS.D.344.10.2022

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ÁREA DE CALDERAS Y LAVANDERÍA EN HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Josué Ricardo Arturo Rodríguez Cortéz** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.006.2023

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ÁREA DE CALDERAS Y DE LAVANDERÍA EN HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ** del estudiante **Josué Ricardo Arturo Rodríguez Cortéz, CUI 2994409580101, registro académico 201700935** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id y enseñad a todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor – Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, enero de 2023

/aej

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.071.EIM.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ÁREA DE CALDERAS Y DE LAVANDERÍA EN HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ**, presentado por: **Josué Ricardo Arturo Rodríguez Cortéz**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, marzo de 2023



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.319.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ÁREA DE CALDERAS Y DE LAVANDERÍA EN HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ**, presentado por: **Josué Ricardo Arturo Rodríguez Cortez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su gran amor y misericordia hacia mi vida.
- Mis padres** Blanca Azucena Cortéz López y Hugo Rodolfo Rodríguez Rodríguez, por ser pilar en mi vida y ser motivación de todo lo que hoy en día he llegado a ser y logrado alcanzar.
- Mis hermanos** Luis Rodolfo y José David Rodríguez, por ser mis compañeros de toda la vida.
- Mis abuelos** Maximino Rodolfo Rodríguez, María Milagro Rodríguez, Ricardo Arturo Cortez y Lidia Azucena López, por sus consejos de motivación día a día.
- Familia y amigos**

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por permitirme tener vida y salud para alcanzar nuevos logros.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser alma mater que me permitió nutrirme de conocimientos.
Hospital Regional de El Quiché	Por permitirme realizar mi ejercicio profesional supervisado y ser parte de nuevos aprendizajes y de experiencia profesional.
Mis amigos	Por ser parte de mi vida y fieles compañeros.
Familia y amigos en general.	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción de la institución	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Historia.....	2
1.1.3. Misión.....	3
1.1.4. Visión	3
1.1.5. Valores.....	3
1.1.6. Organigrama	4
1.2. Descripción de departamento de trabajo.....	4
1.2.1. Actividades.....	5
1.2.2. Estructura organizacional	5
1.3. Descripción del problema	6
1.4. Conceptos generales	7
1.5. Descripción de áreas de calderas y lavandería.....	8
1.5.1. Área de calderas.....	8
1.5.1.1. Suministro de agua caliente.....	8
1.5.1.2. Suministro de vapor.....	8

	1.5.1.3.	Fuente de distribución de agua caliente	9
	1.5.1.4.	Fuente de distribución de vapor.....	9
	1.5.1.5.	Generación de aire comprimido	9
	1.5.2.	Área de lavandería	11
	1.5.2.1.	Lavado de lencería hospitalaria	11
	1.5.2.2.	Secado de lencería hospitalaria.....	11
1.6.		Información general de mantenimiento	12
	1.6.1.	Información general de mantenimiento preventivo	12
	1.6.2.	Monitoreo de condición	13
	1.6.3.	Criticidad de equipos	13
1.7.		Ahorro de materia prima	15
	1.7.1.	Ahorro de combustible para calderas.....	15
	1.7.2.	Combustión de combustible de calderas	21
	1.7.3.	Ahorro de agua caliente para lavadoras	23
	1.7.4.	Ahorro de vapor en secadoras industriales.....	25
2.		FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....	29
	2.1.	Desarrollo de mantenimiento preventivo propuesto.....	29
	2.2.	Tipos de máquinas.....	29
	2.2.1.	Caldera industrial.....	29
	2.2.1.1.	Descripción del estado actual de las calderas	31
	2.2.1.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento para las calderas	32
	2.2.1.3.	Propuesta de mantenimiento preventivo para las calderas	33
	2.2.2.	Lavadora industrial	34

2.2.2.1.	Descripción del estado actual de las lavadoras	36
2.2.2.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento para las lavadoras	37
2.2.2.3.	Propuesta de mantenimiento preventivo para las lavadoras	38
2.2.3.	Secadora industrial	39
2.2.3.1.	Descripción del estado actual de las secadoras	42
2.2.3.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento para las secadoras	42
2.2.3.3.	Propuesta de mantenimiento preventivo para las secadoras	43
2.2.4.	Compresor industrial.....	44
2.2.4.1.	Descripción del estado actual de los compresores.....	46
2.2.4.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento para los compresores ..	47
2.2.4.3.	Propuesta de mantenimiento preventivo para los compresores	47
2.2.5.	Bombas de suministro para calderas	48
2.2.5.1.	Descripción del estado actual de las bombas de suministro de agua	50
2.2.5.2.	Identificación y descripción de tipo de mantenimiento para las bombas de suministro de agua	51
2.2.5.3.	Propuesta de mantenimiento preventivo para las bombas de suministro de agua	51

2.3.	Tipos de equipos auxiliares		52
2.3.1.	Manifold de vapor y agua caliente.....		53
2.3.2.	Tanques de almacenamiento de agua caliente		53
2.3.3.	Redes de distribución		54
2.3.4.	Termómetros		55
2.3.5.	Manómetros.....		55
2.3.6.	Mangueras.....		56
2.4.	Mantenimiento preventivo.....		57
2.4.1.	Calderas.....		57
2.4.1.1.	Quemador.....		57
2.4.1.2.	Cámara de agua.....		58
2.4.1.3.	Cámara de combustión		59
2.4.1.4.	Ventiladores.....		59
2.4.1.5.	Tubos de fuego		59
2.4.2.	Lavadoras.....		61
2.4.2.1.	Motores.....		62
2.4.2.2.	Válvulas neumáticas		62
2.4.2.3.	Panel de control		63
2.4.2.4.	Tambor		64
2.4.3.	Secadoras.....		66
2.4.3.1.	Motores.....		66
2.4.3.2.	Válvulas de distribución de vapor		67
2.4.3.3.	Panel de control		68
2.4.3.4.	Tambor		68
2.4.3.5.	Ventiladores.....		69
2.4.3.6.	Serpentín.....		69
2.4.4.	Bombas de suministro de agua para calderas		72
2.4.4.1.	Impulsor.....		72
2.4.4.2.	Rodamientos		73

2.4.4.3.	Carcasa	74
2.4.5.	Almacén de repuestos	76
2.4.5.1.	Disponibilidad de repuestos para los equipos	76
3.	FASE DE DOCENCIA.....	77
3.1.	Importancia de la implementación del plan de mantenimiento preventivo para el área de calderas y lavandería.....	77
3.2.	Importancia de historiales de mantenimiento	77
3.3.	Capacitación al personal de mantenimiento.....	78
3.4.	Tipos de mantenimiento.....	81
3.4.1.	Mantenimiento correctivo.....	81
3.4.2.	Mantenimiento reactivo.....	82
3.4.3.	Mantenimiento preventivo.....	82
3.4.4.	Mantenimiento predictivo.....	83
3.5.	Interpretación de monitoreo de condición	83
3.5.1.	Base de datos y criticidad de equipos	84
3.6.	Presentación de mejoras y avances.....	85
3.7.	Manual de usuario del mantenimiento preventivo para personal de mantenimiento	85
3.7.1.	Matriz de criticidad.....	86
3.7.2.	Cronograma de mantenimiento anual	88
3.7.3.	Cronograma de mantenimiento por equipo.....	91
3.7.4.	Hojas de trabajo.....	93
3.8.	Pasos a seguir en el plan de mantenimiento preventivo	95
	CONCLUSIONES	97
	RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Hospital regional de El Quiché	1
2.	Organigrama del Hospital Regional de El Quiché	4
3.	Estructura organización del departamento de mantenimiento	6
4.	Representación de sistema neumático para caldera No. 1	10
5.	Representación de sistema neumático para caldera No. 2	10
6.	Fuga en bomba de combustible	16
7.	Fugas de combustible en tanque de almacenamiento.....	17
8.	Tanque de precalentamiento de combustible	18
9.	Humo por mala combustión de calderas	22
10.	Fugas de vapor en redes de distribución	26
11.	Aislamiento de redes de distribución de vapor.....	27
12.	Caldera No. 1	30
13.	Caldera No. 2.....	31
14.	Lavadora Milnor pequeña	35
15.	Lavadora Milnor grande	35
16.	Lavadora semiindustrial	36
17.	Secadora tipo pesado No. 1	40
18.	Secadora tipo pesado No. 2	40
19.	Secadora tipo pesado No. 3	41
20.	Secadora tipo pesado No. 4	41
21.	Compresor destinado a las lavadoras	45
22.	Compresor destinado a las calderas	45
23.	Bomba de suministro de agua para caldera No. 1	49

24.	Bomba de suministro de agua para caldera No. 2	50
-----	--	----

TABLAS

I.	Actividades de mantenimiento para caldera No. 1	60
II.	Actividades de mantenimiento para caldera No. 2.....	61
III.	Actividades de mantenimiento para lavadora industrial No. 1	65
IV.	Actividades de mantenimiento para lavadora industrial No. 2	65
V.	Actividades de mantenimiento para lavadora semi industrial	66
VI.	Actividades de mantenimiento para secadora No. 1.....	70
VII.	Actividades de mantenimiento para secadora No. 2.....	71
VIII.	Actividades de mantenimiento para secadoras No. 3.....	71
IX.	Actividades de mantenimiento para secadoras No. 4.....	72
X.	Actividades de mantenimiento para bomba No. 1	75
XI.	Actividades de mantenimiento para bomba No. 2	75
XII.	Programa de capacitación	78
XIII.	Perfil de riesgo de matriz de criticidad	87
XIV.	Cronograma de mantenimiento preventivo / programado.....	89
XV.	Cronograma de mantenimiento preventivo / real	90
XVI.	Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo para la caldera No. 1	92
XVII.	Hoja de trabajo para las actividades de mantenimiento para la caldera No. 1	94

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura
h_f	Altura final
h₀	Altura inicial
°	Grados
°C	Grados Celsius
°C/h	Grados Celsius por hora
°F	Grados Fahrenheit
H	Horas
=	Igual que
Km	Kilómetro
KW	Kilovatio
KV	Kilovoltio
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
mm	Milímetro
'	Pies
%	Porcentaje
P	Presión
“	Pulgadas
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por minuto

W

Vatio

V

Volumen

GLOSARIO

Autoclave	Equipo hospitalario de esterilización de herramientas médicas por medio de vapor a alta presión.
Axial	En dirección al eje.
Bunker	Combustible proveniente del petróleo utilizado en equipos industriales, es el principal combustible utilizado en calderas de vapor.
Caldera	Generadora de vapor por medio de energía calorífica a cierta presión.
Compresor	Equipo industrial o semi industrial que bombea aire hacia el embolo de almacenamiento aumentando la presión del mismo para ser expulsado por medio de redes de distribución.
Cuarto de máquinas	Instalaciones estructurales en donde se encuentran equipos, en el caso del HRQ, bomba de aire médico y bomba de vacío.
Energía cinética	Energía debida a un movimiento determinado. Energía que posee un cuerpo o una sustancia a causa del movimiento.

Falla mecánico	Estado no deseado u ocurrencia de los equipos por medio de interrupciones de operación lo cual produce que los equipos detengan su operación.
Fuga	Escape o salida de un fluido por medio de elementos dañados que han permitido la generación de aberturas físicas.
Hidráulica	Estudio y aprovechamiento de líquidos, frecuentemente agua, por medio de sus propiedades físicas.
Hollín	Partículas sólidas pulverizadas, regularmente de carbono, producidas por un proceso ineficiente de combustión de las calderas.
Hora	Unidad de tiempo que equivale a 60 minutos y 3 600 segundos.
HRQ	Hospital Regional de El Quiché
Impulsor	Elemento de transmisión de energía proveniente del motor con el fin de transportar el agua hacia la dirección deseada.
Lavadora industrial	Equipo de índole industrial de carácter electromecánico con el objetivo de limpiar y desinfectar lencería en grandes proporciones.

Mantenimiento	Conjunto de actividades con el objetivo de conservar la vida útil de los equipos y máquinas aumentando su productividad y eficiencia.
Metro	Unidad de longitud
Monitoreo de condición	Proceso de medición de variables y datos de los equipos en el momento que estos están en operación para determinar la condición de operación.
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
Neumática	Uso y aplicación de aire comprimido a cierta presión con el objetivo de realizar trabajos industriales.
PLC	Controlador Lógico Programable.
Presión	Magnitud física que mide la fuerza de un elemento en una cierta área determinada.
Prevención de fallas	Detección de todo tipo de fallas desde el inicio y presencia en los equipos, con el objetivo de no alcanzar el fallo total en la operación de los equipos.
Red de distribución	Conjunto de tuberías, estructuras y accesorios con el objetivo de todo tipo de fluidos, en este caso, agua y aire comprimido.
Rodete	Elemento rotativo dentro de una bomba centrífuga.

Sedimentos	Son partículas de otro material ajeno al agua, generalmente son partículas de arena o arcilla que se depositan en el fondo de agua y se transportan por medio de dicho recurso.
Segundo	Unidad de tiempo.
SI	Sistema internacional de unidades.
Transformador	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, diseño de plan de mantenimiento preventivo para el área de calderas y de lavandería del Hospital Regional de El Quiché es la presentación del ejercicio profesional supervisado realizado en dicho nosocomio, el cual se basó en tres fases, las cuales son: fase de investigación, fase técnico profesional y fase de docencia.

En la primera fase, la cual corresponde a la fase de investigación se determinó cada uno de los equipos a estudiar y analizar del área de calderas y de lavandería, por lo cual se estableció que los equipos en total son: dos calderas, dos bombas de abastecimiento de agua, dos compresores, tres lavadoras y cuatro secadoras. Además, se estudiaron y analizaron todos los equipos auxiliares que son de gran importancia para la operación de estos equipos. Se estudio su forma de operación, sus principios físicos y los elementos de cada uno de ellos.

En la segunda fase, la cual corresponde a la fase técnico profesional, se analizó con mayor detalle cada uno de los equipos, se manipuló cada uno de ellos y se estudió por medio de inspección de operación y análisis de criticidad para determinar el estado actual de cada uno de los equipos, por medio de ello definir cada una de las actividades y rutinas de mantenimiento, así como también, definir la cronología de llevar a cabo cada una de ellas. Por lo tanto, los estudios y la definición de las actividades y rutinas de mantenimiento en determinado tiempo es lo que forma el plan de mantenimiento preventivo.

En la tercera fase, la cual corresponde a la fase de docencia, se determinaron definiciones de gran importancia las cuales debe de tomar en cuenta el departamento de mantenimiento del hospital, los elementos importantes de cada equipo y, las rutinas y actividades preventivas para cada uno de los equipos, asimismo, se detallan los pasos a desarrollar en el plan de mantenimiento y la forma de operar las hojas de cálculo y programas que son vitales para el control del plan de mantenimiento preventivo.

OBJETIVOS

General

Analizar y diseñar un plan de mantenimiento preventivo para cada equipo que forma parte del área de calderas y lavandería, tomando en cuenta, todo tipo de fallas que pueden llegar a afectar el buen servicio del Hospital Regional de El Quiché.

Específicos

1. Determinar el estado en el que se encuentran cada equipo del área de calderas y lavandería por medio de recopilación de datos.
2. Determinar el historial de mantenimiento de los equipos.
3. Definir monitoreos de condición para cada uno de los equipos en base a su historial de mantenimiento y el estado en el que se encuentra.
4. Elaborar y definir rutinas de mantenimiento preventivo para el área de calderas y de lavandería con el fin de aumentar la eficiencia.
5. Diseñar hoja de cálculo para determinación de la criticidad de los equipos para el área de calderas y de lavandería.
6. Crear manual de usuario para una correcta aplicación del nuevo plan de mantenimiento preventivo.

INTRODUCCIÓN

El Hospital Regional de El Quiché es una entidad pública que tiene como objetivo dar servicio las personas que requieran de atención a la salud. Por lo tanto, para cumplir con las actividades de atención médica a la salud, dicho nosocomio se divide en diferentes áreas o departamentos, dentro de las cuales, se encuentra el departamento de mantenimiento.

El departamento de mantenimiento es quien vela porque todos los servicios y activos del hospital operen de manera correcta y buscando la solución a todos los problemas que puedan llegar a surgir con el pasar del tiempo. Por lo tanto, tiene a su cargo todas las máquinas y equipos que pertenecen a los diferentes servicios para hacer posible las actividades médicas.

Dentro del hospital existe el área de calderas y el área de lavandería las cuales forman parte del departamento de mantenimiento, ya que el servicio que prestan estas áreas es indispensable para todos los servicios. El área de calderas proporciona vapor y agua calientes, mientras que, el área de lavandería proporciona el servicio de limpieza y desinfección de toda la lencería hospitalaria utilizada en cada uno de los servicios.

Por medio de inspecciones de condición, estado de operación y estudio de criticidad de los equipos se determinaron las rutinas de mantenimiento preventivo para cada equipo del área de calderas y de lavandería. Asimismo, de manera detallado se diseñaron cronogramas de mantenimiento preventivo para conservar la vida útil de los equipos y prevenir todo tipo de fallas que alteren las actividades de muchos servicios dentro del hospital.

El historial de mantenimiento es un pilar de gran importancia para el conocimiento de los equipos, por medio de él se puede conocer las fallas que se presentan con mayor frecuencia, asimismo, el departamento de mantenimiento cuenta con los repuestos necesarios para afrontar todo tipo de anomalías que requieran de sustituciones. La forma adecuada de contar con un historial de mantenimiento es por medio del almacenaje ya sea de manera física o de manera electrónica por medio de una base de datos de todos los datos y variables que se obtienen en las hojas de trabajo de mantenimiento.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la institución

A continuación, para mejor comprensión, se divide la descripción del hospital en los siguientes segmentos:

1.1.1. Ubicación

El Hospital regional de El Quiché está ubicado en la zona 3, salida al municipio de San Antonio Ilotenango, Santa Cruz del Quiché, departamento de El Quiché.

Figura 1. Ubicación de Hospital regional de El Quiché



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

1.1.2. Historia

El Hospital Regional de El Quiché se fundó en el año 1944, con el nombre de Hospital Nacional Santa Elena. Se instaló en la zona 3 del municipio de Santa Cruz del Quiché, donde actualmente se ubica el edificio Centro Comercial Multiservicios.

La alta demanda de asistencia a la salud de la población, en el año 1954, el edificio se tornó inadecuado por lo que la institución recibió la donación de un terreno en la zona 4, salida a la Ciudad de Guatemala, de aproximadamente tres mil metros cuadrados por parte del señor Ernesto Flores Girón, dicha infraestructura le corresponde actualmente al Centro de Salud de la localidad.

En el año 1987 se inicia con el proyecto de construcción de un nuevo edificio, ubicado en la zona 3, salida al municipio de San Antonio Ilotenango, el proyecto contaba con diez mil metros cuadrados de infraestructura y quince mil metros cuadrados de área verde, con una capacidad para 130 camas.

A la fecha 5 de junio de 1995, en la administración de Lic. Ramiro de León Carpio se inauguraron las nuevas instalaciones para el Hospital Nacional Santa Elena, estando en la dirección Dr. Antonio González Medina. Por lo tanto, las máquinas y equipos biomédicos a utilizar a la fecha de inauguración, se adquirieron nuevas, por lo que iniciaron a operar al momento que el hospital abrió sus puertas para el servicio de la población.

En la administración del presidente Jimmy Morales, el Hospital Nacional Santa Elena, dejó de llamarse por ese nombre y pasó a ser llamado como Hospital Regional de El Quiché.

Actualmente el Hospital Regional de El Quiché se encuentra entre los mejores hospitales a nivel nacional, por la organización que presenta para prestar el mejor servicio posible. Con la llegada de la pandemia del COVID – 19 se realizaron nuevos proyectos de infraestructura los cuales han sido en la construcción de dos edificios para el aislamiento de pacientes y así disminuir el número de contagios.

Las máquinas y equipos biomédicos no han sufrido muchos cambios, ya que la mayoría siguen siendo los mismos desde el año 1995 que se instalaron para su operación en el hospital. En el área de calderas y de lavandería las máquinas no han sido sustituidas por nuevas, a la fecha de la realización de la práctica, siguen siendo las mismas.

1.1.3. Misión

Ser un hospital regional que brinda servicios de salud con calidad y pertinencia cultural para satisfacer las necesidades de los usuarios.

1.1.4. Visión

Ser el hospital regional que brinda servicios de salud integral con la excelencia en calidad y calidez humana.

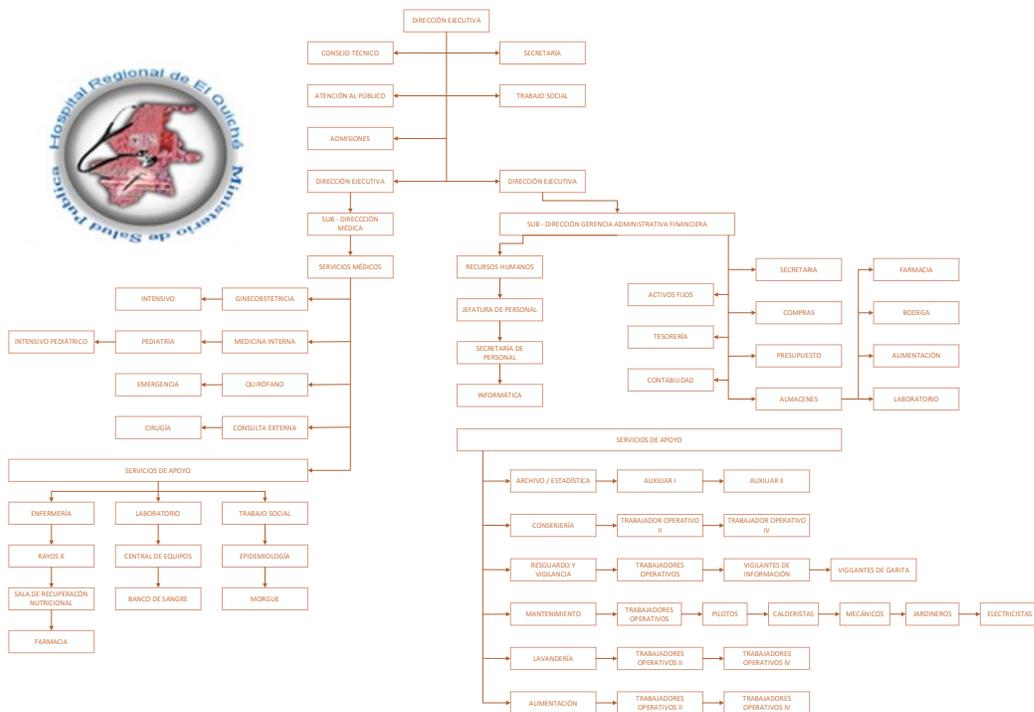
1.1.5. Valores

El Hospital Regional de El Quiché se basa en los siguientes valores: Respeto, Honestidad, responsabilidad y equidad.

1.1.6. Organigrama

La estructura organizacional del Hospital Regional de El Quiché se divide en dos grandes áreas, las cuales son: área de medicina y área administrativa financiera, esta organización se representa gráficamente en la figura 2.

Figura 2. Organigrama del Hospital Regional de El Quiché



Fuente: elaboración propia.

1.2. Descripción de departamento de trabajo

El trabajo de ejercicio profesional supervisado se realizó en el departamento de mantenimiento del Hospital Regional de El Quiché. El departamento de mantenimiento tiene a su cargo el área de calderas, transportes, jardinería,

electricidad y servicios a fines para el buen funcionamiento de cada área de todo el hospital en general.

1.2.1. Actividades

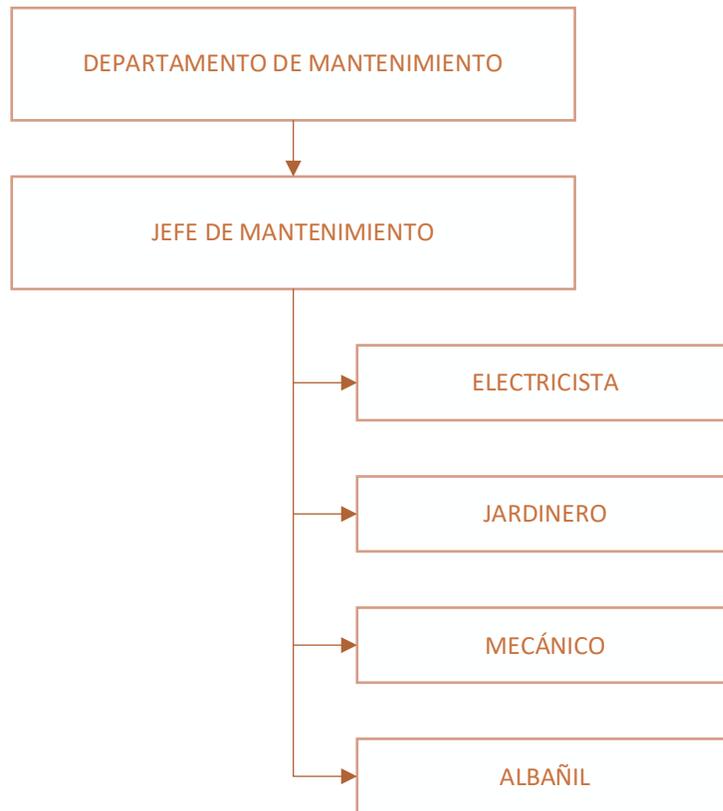
El departamento de mantenimiento del Hospital Regional de El Quiché es el encargado de llevar el correspondiente control, corrección y prevención de anomalías que producen los activos tangibles de cada uno de los servicios. Es por ello que en este departamento se requiere de personal calificado para llevar a cabo cada una de las actividades que se presentan al día a día.

Algunas de las actividades más representativas del departamento de mantenimiento es llevar el control de la operación de los equipos o maquinaria que es de gran utilidad para producir los recursos necesarios para llevar a cabo actividades de diferentes servicios. Al momento que uno de estos equipos falla es el personal de mantenimiento que interfiere con el fin de recuperar la correcta operación de los equipos.

1.2.2. Estructura organizacional

La estructura organización del departamento de mantenimiento del Hospital Regional de El Quiché está representada por el jefe de mantenimiento el cual administra y lleva el control de las actividades del resto de personal, los cuales son: Electricista, jardinero, mecánico y albañil. Se representa gráficamente en la figura 3.

Figura 3. **Estructura organización del departamento de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

1.3. Descripción del problema

El problema actual por el que el área de calderas y de lavandería se encuentra inmersas es: tanto en el área de calderas como en el área de lavandería, se pone en marcha el equipo sin conocer el estado de condición de estos hasta que estos equipos llegan al punto de fallar, es en ese momento en el que el área de mantenimiento le pone atención para descubrir cual es el problema para corregirlo.

El área de calderas cuenta con dos calderas, las cuales no operan simultáneamente, ya que mientras una está en parada por falta de mantenimiento la otra opera arriesgándose a que ésta falle inesperadamente, este se convierte en un serio problema y que no se cuenta con un reemplazo para generar vapor, el cual es indispensable en la operación en general del hospital; en el área de lavandería se enfrenta con que la lavadora de mayor capacidad falla de forma inesperada, en especial por problemas en el sistema neumático y sistema eléctrico, así como esta lavadora pueden llegar a fallar las otras como también las secadoras.

El escaso control que se lleva a cabo en cada uno de los equipos y la alta exigencia diaria a la que son sometidas provocan que los equipos fallen en general, por lo tanto, estos equipos no realizan su trabajo disminuyendo su eficiencia y por lo mismo altera el buen servicio que se desea prestar a los pacientes por parte del hospital en general.

1.4. Conceptos generales

Para lograr interactuar con los equipos del área de calderas y lavandería del Hospital Regional de El Quiché se requiere de estar relacionado con los conceptos de lo qué es una caldera, una bomba, un compresor, una lavadora y una secadora tipo pesado para la industria hospitalaria. Asimismo, es de suma importancia conocer los elementos de cada equipo y su forma de operación con respecto a su capacidad, serie y marca, con el fin de conocer más a fondo cada equipo y su forma de operar.

1.5. Descripción de áreas de calderas y lavandería

Las áreas de calderas y de lavandería son de gran importancia para el funcionamiento en general del hospital, ya que gracias a estas áreas el hospital se abastece de agua caliente, de lencería hospitalaria para personal y pacientes y para abastecer de vapor para permitir que los instrumentos quirúrgicos se puedan esterilizar.

1.5.1. Área de calderas

El área de calderas está conformada por los siguientes equipos: dos calderas, dos compresores, dos bombas y como equipos auxiliares se tiene dos tanques de almacenamiento de agua caliente.

1.5.1.1. Suministro de agua caliente

El suministro de agua caliente es de suma importancia, ya que, por medio de ella, en el área de cocina se realiza la cocción y preparación de los alimentos; en el área de lavandería se utiliza en las lavadoras para un mejor lavado y desinfección de la lencería hospitalaria; y en el resto de los servicios es de gran importancia para el aseo del personal y de los pacientes.

1.5.1.2. Suministro de vapor

El suministro de vapor es fundamental en las actividades diarias del hospital, ya que, en el área de cocina es el insumo principal para el uso de las marmitas para la preparación de los alimentos; en el área de lavandería es utilizado para el secado y planchado de la lencería hospitalaria; en el área de calderas es utilizado para calentar el agua en los tanques de almacenamiento de

agua como para el precalentamiento del combustible con el que funcionan las caldeas, en este caso es bunker, y en el área de central de equipos es el principal insumo para la esterilización de los instrumentos quirúrgicos.

1.5.1.3. Fuente de distribución de agua caliente

La fuente de distribución de agua caliente para el aseo del personal y de los pacientes que están hospedados en el hospital se centra en dos tanques de almacenamiento que poseen dos entradas, la primera es por donde ingresa el agua a calentar y la otra entrada por donde ingresa el vapor proveniente de las calderas para aumentar la temperatura del agua, el rango de temperatura del agua almacenada está entre 70 a 75 °C.

1.5.1.4. Fuente de distribución de vapor

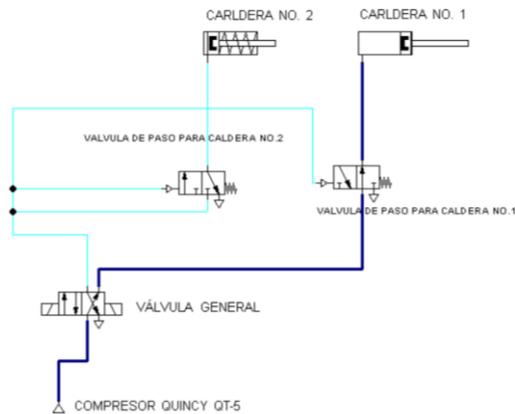
La fuente de distribución de vapor se centra en el manifold, el cual tiene las correspondientes salidas para ser utilizado en distintos servicios del hospital, como lo es para la esterilización de instrumentos quirúrgicos, para calentar el agua, para el secado y planchado de la lencería hospitalaria para el servicio del hospital. El rango de temperatura del vapor se encuentra en un rango de 110 a 120 °C.

1.5.1.5. Generación de aire comprimido

La generación de aire comprimido es resultado del trabajo de los dos compresores, el aire comprimido generado por el compresor uno es utilizado para apoyar a los compresores de ambas calderas ya que con el pasar del tiempo no generan el aire necesario; el aire comprimido generado por el compresor dos es utilizado para las redes de distribución neumática de las lavadoras del área de

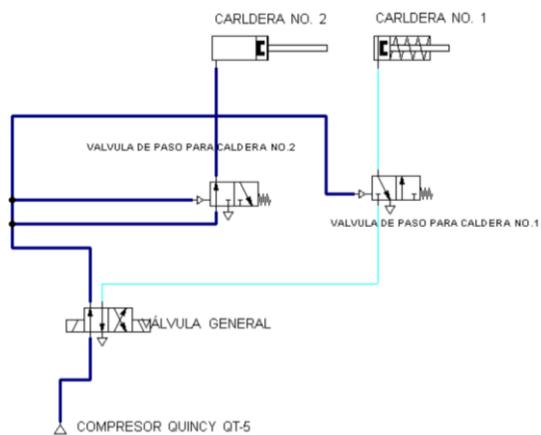
lavandería. La presión del aire comprimido generado por el compresor uno es de un valor de 80 psi y la presión del aire comprimido generado por el compresor dos es de un valor de 100 psi.

Figura 4. **Representación de sistema neumático para caldera No. 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Representación de sistema neumático para caldera No. 2**



Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Área de lavandería

El área de lavandería está conformada por tres lavadoras, dos de ellas industriales y una semiindustrial; y de cuatro secadoras industriales, todo esto para la correcta higiene de la lencería hospitalaria utilizada en los servicios del hospital. El proceso de limpieza de la lencería en el hospital se lleva a cabo en tres pasos, el primero es el lavado y desinfección, el segundo es el secado y el tercero es el planchado.

1.5.2.1. Lavado de lencería hospitalaria

El lavado y desinfección de la lencería hospitalaria para los servicios del hospital es el primer paso del proceso de trabajo en el área de lavandería, se lleva a cabo por medio de tres lavadoras, dos de ellas son industriales, la más grande para una capacidad de 225 libras y la otra con una capacidad de 135 libras, ambas de ellas se adquirieron desde el año 1995 cuando el hospital se trasladó al lugar actual; desde la llegada de la pandemia de COVID – 19 se adquirió una lavadora semiindustrial dedicada exclusivamente a la lencería dedicada al servicio de aislamiento para pacientes contagiados con COVID – 19.

1.5.2.2. Secado de lencería hospitalaria

El secado de la lencería del hospital es el segundo paso del trabajo que se realiza en el área de lavandería, el cual se lleva a cabo de cuatro secadoras industriales la cual su trabajo está basado en la utilización de vapor. Dos de las secadoras se adquirieron al momento que el hospital se trasladó al lugar actual, las dos secadoras restantes se adquirieron en el año 2019 para proporcionar mayor facilidad de trabajo al personal.

1.6. Información general de mantenimiento

Para lograr que los equipos del hospital se encuentren en óptimas condiciones de operación se debe de obtener información relacionada con los conceptos del mantenimiento en general como también con el mantenimiento correspondiente para cada uno de los equipos electromédicos con los que se está relacionando en el ejercicio profesional supervisado.

1.6.1. Información general de mantenimiento preventivo

Mantenimiento preventivo se conoce como aquellas actividades previstas a realizar con el fin de determinar un diagnóstico y así lograr conservar el estado y el buen funcionamiento de los equipos. El objetivo principal del mantenimiento preventivo es disminuir el riesgo de daño o pérdida total de los equipos. Las actividades que forman parte de un mantenimiento preventivo son: inspecciones, correcciones de pequeñas fallas, limpieza de elementos, ajustes, lubricación, entre otros.

A la fecha del ejercicio profesional supervisado no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo establecido, ya que se realizan los trabajos de mantenimiento preventivo al momento que ya se notan desperfectos en la operación de los equipos, o en el peor de los casos, al momento que los equipos ya llegaron al paro total.

El departamento de mantenimiento del hospital no cuenta con un historial de actividades de mantenimiento, por lo que se desconoce cuáles son las correcciones que se le han realizado a los equipos.

1.6.2. Monitoreo de condición

Los monitoreos de condición forman parte de las actividades de un mantenimiento preventivo, los cuales se llevan a cabo con el fin de determinar un mejor diagnóstico del estado de los equipos.

En estos monitoreos de condición se enlistan actividades preventivas específicas en las hojas de trabajo para cada equipo, las cuales, el departamento de mantenimiento no cuenta con ellas. De esta forma se puede llevar un control de la operación de cada equipo y partiendo de ahí tomar decisiones en las acciones a realizar en los equipos.

1.6.3. Criticidad de equipos

Por medio de una hoja de cálculo y tomando en cuenta factores relacionadas puntos críticos en los equipos, se realizó un estudio en el cual demuestra la criticidad de los equipos es alta.

En el estudio se demuestra que por diferentes aspectos y por el estado en el que se encuentra cada equipo la criticidad es mayor. El mayor problema en el área de mantenimiento es que no se cuenta con equipos sustitutos que realicen el trabajo de otro equipo cuando llega a su falla.

Para la realización del estudio se tomaron aspectos como lo son: seguridad industrial, efectos con el medio ambiente, efectos con la calidad del producto, incidencia de la falla y el grado de mantenibilidad de los equipos.

Con los valores necesarios para el estudio de criticidad y los resultados que este estudio proporciona es posible determinar el valor de disponibilidad,

fiabilidad, TMEP, tiempo medio entre fallas y TPM, tiempo medio hasta puesta en marcha. Dichos valores se obtienen mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Hrs. totales} - \text{hrs. paradas por mantenimiento}}{\text{Hrs. totales}}$$

La disponibilidad de un equipo se define como el tiempo que el equipo operando, para obtener este indicador se realiza por medio del cociente del tiempo disponible y el tiempo total. Por lo tanto, el tiempo disponible se obtiene mediante la resta de las horas totales menos las horas de parada por mantenimiento.

$$\text{Fiabilidad} = \frac{\text{Hrs. totales} - \text{hrs. por mantenimiento no programado}}{\text{Hrs. totales}}$$

La fiabilidad de un equipo se define como la probabilidad de que un equipo o una máquina tenga la capacidad de operar en un determinado rango de tiempo sin sufrir interrupciones por fallas imprevistas. Por lo tanto, para obtener el valor de este indicador se realiza por medio del cociente de la resta de las horas del tiempo total menos las horas por mantenimiento no programado y las horas del tiempo total.

$$\text{TMEP} = \frac{\text{Horas totales del periodo}}{\text{Numero de paradas}}$$

El tiempo medio entre paradas es considerado como el tiempo que transcurre entre dos paradas por mantenimiento del equipo, dicho indicador es el cociente de la cantidad de horas totales del periodo y el número de paradas que se producen. Mientras más alto sea el valor obtenido de este indicador es mejor.

$$TMPM = \frac{\text{Horas totales de parada}}{\text{Numero de paradas}}$$

El tiempo medio hasta puesta en marcha es denominado al tiempo medio de reparación, este indicador mide el tiempo medio que se requiere para solventar las fallas de los equipos. Para el cálculo de este indicador es por medio del cociente de las horas totales de parada y el número de paradas. Mientras más bajo sea el valor de este indicador es mejor.

1.7. Ahorro de materia prima

En el ejercicio profesional supervisado se requiere de un estudio de ahorro de materia prima para proporcionar beneficios o mejoras para el medio ambiente con el uso de materiales y manejo de desechos.

1.7.1. Ahorro de combustible para calderas

Para las calderas se ha realizado un estudio correspondiente al gasto de combustible que éstas requieren para su operación. Dicho estudio refleja que tanto para la caldera uno como para la caldera dos el gasto de combustible es variable, dependiendo del día, por ejemplo, a inicio de semana la demanda de agua caliente y vapor es más alta que a final de semana, por lo tanto, el gasto de combustible es mayor a inicios de semana. Se concluyó con el estudio que en promedio ambas calderas tienen un gasto de combustible de 60 galones diarios de las 5 hasta las 12 horas.

Las redes de distribución que conducen el combustible desde el tanque de almacenamiento hacia las calderas cuentan con variedad de fugas, existiendo más de estas fugas en el área de purga del combustible, ya que, por la edad de

las calderas, éstas han sufrido correcciones las cuales han provocado que con el pasar del tiempo la tubería no sea la ideal. El elemento que más desperdicio de combustible ocasiona es la bomba que lo succiona hacia el quemador de la caldera, ya que no está en óptimas condiciones para seguir operando.

Figura 6. **Fuga en bomba de combustible**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Fugas de combustible en tanque de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

La propuesta de ahorro de combustible es realizar mejoras periódicamente en las redes de distribución de combustible y así prevenir mayores fugas de combustible las cuales tienen un efecto en el gasto de combustible.

El gasto de combustible de las calderas se realizó por medio de un estudio matemático, en donde, el objeto de estudio fue el tanque de precalentamiento de combustible, el cual tiene la forma de cilindro con un diámetro de 0,75 m.

Figura 8. **Tanque de precalentamiento de combustible**



Fuente: elaboración propia.

El gasto del combustible de las calderas se determinó por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Gasto de combustible} = \text{Volumen}_{\text{gasto}}$$

Donde:

$\text{Vol}_{\text{gasto}}$ = volumen del cilindro con respecto al cambio de alturas en un tiempo determinado.

Por lo tanto, la fórmula de volumen de un cilindro se representa de la siguiente manera:

$$Vol_{cilindro} = \frac{\pi}{4} \theta^2 h_g$$

Donde:

θ = diámetro del cilindro

h_g = altura de gasto, el cual hace referencia a la diferencia de alturas en un tiempo determinado.

Por lo tanto, se obtuvieron los siguientes datos:

$$\theta = 0,75 \text{ m.}$$

$$h_0 = 0,395 \text{ m.}$$

$$h_f = 0,51 \text{ m.}$$

$$t = 2 \text{ horas.}$$

Nota: la altura final tomada es mayor que la inicial ya que las medidas de altura se tomaron desde la parte superior del cilindro, por lo tanto, con el pasar del tiempo la altura del combustible desciende y la distancia desde la parte superior es mayor.

Para determinar el valor de la altura de gasto se realiza la diferencia entre la altura final 0,51 metros y la altura inicial 0,395 metros teniendo un valor de 0,115 metros.

Sustituyendo,

$$Vol_{gasto} = \frac{\pi}{4} 0,75 \text{ m.}^2 * 0,115 \text{ m}$$

Al realizar la operación matemática se obtiene un valor de 0,051 m³, por lo tanto, se realiza la siguiente operación de conversión para obtener el valor en galones, dichas conversiones son las siguientes:

1 metro cubico = 264,17 galones

Por lo tanto,

$$0,051m^3 * \frac{264,17 \text{ galones}}{1 m^3}$$

Al realizar la conversión correspondiente se obtiene un gasto de 13,42 galones en dos horas de operación de una caldera. Si la caldera opera un aproximado de ocho horas al día se tiene un gasto de combustible de 53,68 galones al día.

Sin embargo, este análisis es realizado tomando en cuenta variables de interés, por ejemplo, si el tanque de precalentamiento estaba a una temperatura ideal para movilizar el combustible con facilidad, o más bien, si la temperatura es más baja o más alta de lo ideal; si la caldera opera en condiciones ideales; y si la exigencia de trabajo de la caldera es alta, normal o baja.

Por lo tanto, se realizaron otro tipo de análisis en diferentes condiciones para determinar el gasto de combustible cuando se encuentra con anomalías de operación.

- Variable 1: en condiciones de que la temperatura del combustible es elevada por factores como lo es la permanencia de mucho combustible en el tanque de precalentamiento y temperatura ambiente alta. Se determina

los valores de altura son $h_0 = 0,415$ metros y una $h_f = 0,388$ metros en un lapso de veinte minutos. Por lo tanto, realizado el mismo procedimiento matemático, se obtiene que el valor del gasto de combustible de la caldera es de 75,60 galones en ocho horas de operación.

- Variable 2: en condiciones de que la exigencia del trabajo de la caldera es elevada Se determina que los valores de alturas son $h_0 = 0,355$ metros y $h_f = 0,160$ metros en un lapso de dos horas. Por lo tanto, realizado el mismo procedimiento matemático, se obtiene que el valor del gasto de combustible de la caldera es de 90,03 galones en ocho horas de operación.

Por lo tanto, se obtiene que el ahorro de la caldera se presenta en un rango de 21,62 a 36,35 galones, según análisis realizado con diferentes variables tomando como referencia las variables lo más cercano a un proceso ideal.

1.7.2. Combustión de combustible de calderas

La combustión del combustible en las calderas se asocia con el punto anterior, ya que la combustión está relacionada con la cantidad de combustible que es aplicada, asimismo la cantidad de aire que se aplica a la mezcla para lograr la combustión.

Cuando la cantidad de combustible no es controlada, ya sea que se aplique menos o más a la mezcla, provoca que la caldera no opere eficientemente, produciendo una llama se torne de un color más rojizo, cuando se aplica mucho combustible, o ya sea que la llama se torne de un color más claro, cuando se aplica poca cantidad de combustible. La cantidad de combustible depende de la fluidez que éste tenga en las redes de distribución, por lo tanto, es de suma

importancia precalentar el combustible para que éste se pueda movilizar de mejor manera dentro de la tubería.

Figura 9. **Humo por mala combustión de calderas**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 9 se representa los humos que se generan por tener una mala combustión en las calderas, los cuales son provocados por una excesiva cantidad de combustible en la mezcla requerida para generar la llama de combustión.

La propuesta para una mejora es controlar el precalentado del combustible antes de distribuirlo al quemador para generar la llama esto se debe a que, si el combustible no es precalentado a la temperatura necesaria no se transporta por

medio de las redes de distribución de manera eficiente y no llega al quemador la cantidad necesaria, de igual manera si se precalienta demasiado, el combustible se transporta con mayor facilidad llegando al quemador una cantidad mayor; así como también controlar fugas en la tubería de la red de distribución en especial las fugas de combustible que provoca la bomba de succión que conduce el combustible al quemador.

1.7.3. Ahorro de agua caliente para lavadoras

El uso de agua caliente es clave y fundamental en la operación de las lavadoras ya que por medio de este insumo es que se logra un correcto lavado desinfectando al máximo cada prenda ya que se trata de una entidad hospitalaria y se corre el riesgo de que las prendas conlleven infecciones.

Al momento que una lavadora falla a medio ciclo de operación, el agua se debe de desechar por lo que, son perdidas de este insumo el cual, al momento que las fallas son muchas y otros servicios utilizan del agua caliente los tanques de almacenamiento llegan a vaciarse trayendo consigo problemas en los diferentes servicios.

Además de las lavadoras son los servicios de duchas de pacientes y personal médico quienes utilizan este insumo, por lo que, es necesario controlar todo tipo de fugas que puedan existir en estas duchas.

La propuesta para un ahorro del agua caliente en las lavadoras se centra en la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, de esa manera se lleva un mejor control del equipo, asimismo, se prevén las fallas y un mayor gasto de agua caliente. Además de proveer un ahorro de agua caliente también provee un ahorro de combustible en las calderas ya que es el vapor que producen estas la

que logra aumentar la temperatura del agua. Este ahorro de agua es un beneficio para el medio ambiente ya que se estará utilizando la cantidad de agua necesaria para una correcta operación.

El análisis de ahorro de agua caliente en las lavadoras, se obtiene por medio de procesos de inspección de condiciones de operación a las lavadoras con el fin de determinar fugas tanto en líneas de distribución como también en elementos de cada una de las lavadoras.

En el caso de la lavadora Milnor de 225 libras, las cuales operan con tan solo el 60 % de su capacidad total de 135 libras, con frecuencia falla los elementos de sello que no permite la salida del agua al momento que esta opera en procesos de limpieza y desinfección. Cuando estos elementos de sello fallan permiten la salida del agua en su totalidad de la lavadora, dicha fuga de agua equivale a un valor aproximado de 1 200 litros.

Por lo tanto, al momento de no contar con fugas en las lavadoras, en especial en fugas por fallas en elementos de sello se obtiene un ahorro de agua caliente para las lavadoras de 1 200 litros por cada vez que se acciona la lavadora, por lo tanto, si al día se acciona la lavadora una cantidad de diez veces, el ahorro al día corresponde a 12 000 litros.

Sin embargo, es de suma importancia determinar de posibles fugas que se obtienen en líneas de distribución, en las duchas para el servicio de los pacientes dentro de los servicios del hospital y en las otras lavadoras del área de lavandería.

1.7.4. Ahorro de vapor en secadoras industriales

El gasto de vapor en las se produce al momento de que operan los mismos ya que su principio físico se basa en el aprovechamiento de este recurso. Además, el gasto de vapor se produce por fugas que han surgido en las redes de distribución de este insumo.

Las fugas de vapor se presentan en diferentes puntos de las redes de distribución, en especial en las uniones o entradas a diferentes elementos de los equipos. Estas fugas se producen al momento que la tubería se oxida y se producen orificios en ella.

Un problema en el gasto del vapor es el aislamiento, ya que hay sectores en la tubería en la cual no se cuenta con el ideal aislamiento, ya que, por el pasar del tiempo este se ha deteriorado produciendo pérdidas de energía en el vapor provocando que este se condense regresando a el estado líquido, por lo tanto, se debe de purgar ese líquido para que no dañe los equipos y se produzca golpe de ariete en las redes de distribución del mismo, provocando que, además de tener pérdidas de vapor generado por las calderas, asimismo, se obtengan daños en las líneas de distribución de vapor.

La propuesta por un ahorro de vapor para las secadoras es enfocarse en las redes de distribución, tanto en las fugas como en su correspondiente aislamiento y de esa manera el gasto del vapor para estos equipos se reduce a la cantidad que requiere cada equipo.

Figura 10. **Fugas de vapor en redes de distribución**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 10 se observa una fuga de vapor producida por el pasar del tiempo en la soldadura de las líneas de distribución, dicha fuga corresponde ya que se produjo una abertura de aproximadamente de 3 cm, o sea 0,03 m de diámetro el cual se estima que se fuga a una velocidad constante de 0,8 m/s.

Por lo tanto, la cantidad de vapor que se fuga por dicha abertura se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{\pi}{4} * \varnothing^2 * v$$

Donde:

\varnothing = diámetro de la sección transversal.

v = velocidad media del flujo de vapor a la salida de la abertura.

Sustituyendo los valores obtenidos se obtiene:

$$Q = \frac{\pi}{4} * 0,03^2 * 0,8$$

Se obtiene un valor de $5,65 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, por lo tanto, para un lapso de tiempo de operación de la caldera que es quien genera dicho valor, el cual corresponde a ocho horas, se obtiene un gasto de $16,29 \text{ m}^3$, lo cual se representa a 16 286 litros.

El ahorro de vapor corresponde al gasto mencionado anteriormente el cual corresponde a 16 286 litros, el cual se produce al momento que las fugas de vapor desaparecen de las líneas de distribución de vapor.

Figura 11. **Aislamiento de redes de distribución de vapor**



Fuente: elaboración propia.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Desarrollo de mantenimiento preventivo propuesto

El mantenimiento preventivo de las máquinas que forman parte del área de calderas y de lavandería se basa en el estado en el que se encuentra cada una de estas a la fecha de la realización del EPS. Se determinaron técnicas de mantenimiento con el fin de conservar su buen funcionamiento sin afectar a los servicios del hospital por paros inesperados.

2.2. Tipos de máquinas

Las máquinas que forman parte del área de calderas y del área de lavandería son las calderas industriales, lavadoras industriales, secadoras tipo pesado, bombas de suministro de agua y compresores.

2.2.1. Caldera industrial

Una caldera industrial es la máquina encargada de convertir el agua líquida en vapor, lo hace por medio de la combustión de una mezcla de aire y combustible, el combustible utilizado en el hospital es el bunker o también llamado gasoil. Ambas calderas son pirotubulares, las cuales su forma de operar se basa abastecer de agua a la caldera recubriendo los tubos de los gases de combustión, dichos gases recorren los tubos calentándolos hasta el punto de evaporar el agua a cierta temperatura y a cierta presión.

Las calderas utilizadas en el hospital son de marca Cleaver Brooks, modelo CB.600-80 con una capacidad de presión máxima de 150 PSI, ambas manufacturadas en el año 1988 y operan en el hospital desde el año 1995.

Figura 12. **Caldera No. 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Caldera No. 2**



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.1. Descripción del estado actual de las calderas

Por el pasar del tiempo y la demanda de trabajo a la que son sometidas, ambas calderas se encuentran en un estado crítico, según el cálculo de criticidad correspondiente a las calderas, ya que, con regularidad opera tan solo una de las dos, mientras que la otra se encuentra en reparación o mantenimiento.

Sin embargo, las calderas cumplen con el trabajo demandando requerido por los servicios del hospital. Con frecuencia, las calderas al operar resultan con errores puntuales, la caldera número uno presenta un problema con la bujía de encendido de la llama, por lo tanto, se requiere que el personal del área de calderas o de mantenimiento, con frecuencia, limpie o reacomode la bujía para su correcto funcionamiento; la caldera numero dos presenta problemas con la fotocelda, la cual se requiere de desmontaje y limpieza de la misma para que la caldera retome su trabajo.

Para realizar estos trabajos correctivos se requiere que las calderas permanezcan en paro, por lo tanto, afecta a los servicios que requieren de vapor para sus diferentes actividades.

2.2.1.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento para las calderas

El mantenimiento correspondiente para las calderas del hospital va en relación a la prevención de fallas, todo esto con el fin preservar su buen funcionamiento sin afectar el trabajo de los diferentes servicios a causa de paros inesperados, los cuales pueden afectar en gran manera la correcta atención hacia los pacientes.

El mantenimiento debe de ser preventivo, el cual debe estar directamente relacionado con la prevención de fallas en los elementos mecánicos y eléctricos de las calderas ya que, es por medio de estos elementos que la caldera logra evaporar el agua de manera eficiente sin ocasionar grandes gastos de materia prima, como también, evitar un efecto negativo hacia el medio ambiente en relación con la combustión del *bunker*.

2.2.1.3. Propuesta de mantenimiento preventivo para las calderas

Al momento de conocer el estado actual de las calderas hasta la fecha de la realización del EPS, se establece un plan de mantenimiento preventivo, el cual debe de llevarse a cabo en relación al tiempo. Las actividades de mantenimiento van de manera semanal, mensual, trimestral y semestral.

El mantenimiento de forma semanal se llevarán a cabo actividades de inspección de elementos, en especial de aquellos que se pueden realizar al momento que las calderas están en operación.

El mantenimiento de forma mensual se llevarán a cabo actividades de inspección y corrección de elementos que requieran de un corto tiempo para su realización, ya que se contará con un tiempo limitado para realizar dichas actividades.

El mantenimiento de forma trimestral se llevarán a cabo actividades de inspección, corrección y sustitución de elementos que lo requieran, para estas actividades se requieren de un tiempo más extenso a comparación del anterior ya que se debe de inspeccionar y cambiar todos aquellos elementos que requieran sustitución de repuestos.

El mantenimiento de forma semestral se llevarán a cabo actividades de inspección, corrección, sustitución y pruebas de operación. Estas actividades de mantenimiento son las más completas y rigurosas para las calderas, por lo tanto, requieren de un mayor tiempo y se realizan únicamente cuando las calderas están en paro ya que se hacen actividades internas para verificar y asegurar el

correcto funcionamiento de elementos a los que no se puede ingresar con facilidad.

2.2.2. Lavadora industrial

Una lavadora industrial es la máquina que tiene como objetivo el aseo de lencería hospitalaria, las cuales son: batas, ropa para dormir de pacientes, filipinas, sabanas, edredones, cobertores, cortinas, entre otros. El hospital requiere estrictamente que la lencería hospitalaria cuente con el aseo correspondiente para prevenir contagios de enfermedades y/o infecciones en los diferentes servicios.

Las lavadoras utilizadas en el hospital son: una lavadora de 225 libras, marca Milnor; una lavadora de 135 libras, marca Milnor; y una lavadora semiindustrial, marca Domus.

Las lavadoras de marca Milnor operan en el hospital desde el año 1995 mientras que, la lavadora semiindustrial opera en el hospital desde el año 2020 para servicio de lencería de COVID - 19.

Figura 14. Lavadora Milnor pequeña



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Lavadora Milnor grande



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Lavadora semiindustrial**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2.1. Descripción del estado actual de las lavadoras

Por medio del estudio de criticidad de equipos se determinó que el área de lavandería se encuentra en estado crítico en relación a las lavadoras. El estado de las lavadoras de marca Milnor es deficiente, ya que en cualquier momento y con mucha frecuencia presentan fallas en sus elementos de operación. El pasar del tiempo, la exigencia a la que son sometidas y la falta de interés hacia ambas lavadoras han provocado que las lavadoras fallen con frecuencia.

En relación con la capacidad de operación de ambas lavadoras se ha disminuido conforme ha pasado el tiempo y las correcciones que se le han hecho a cada una, por lo tanto, a la lavadora de 225 libras actualmente se le ingresan 115 libras de lencería y a la lavadora de 135 libras se le introducen tan solo 80 libras de lencería hospitalaria.

La lavadora semiindustrial se encuentra en excelente estado, ya que un año atrás del EPS el hospital adquirió esta máquina. Aun así, por la reciente llegada de la lavadora ha sufrido fallas, ya que no se le han realizado rutinas de mantenimiento preventivo, en especial en su pantalla táctil gracias a derrames de detergente y otros enseres de higiene para la lencería hospitalaria.

2.2.2.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento para las lavadoras

La prevención de fallas en las lavadoras es el punto clave para llevar a cabo un plan de mantenimiento, estas actividades deben ser exactas para mantener o, en el mejor de los casos, aumentar el estado de operación de las lavadoras y así proveer a los diferentes servicios de lencería hospitalaria con los más altos estándares de higiene para su utilización en los objetos, en el personal y en los pacientes.

El mantenimiento debe de ser preventivo, dicho mantenimiento debe de ir directamente relacionado en los elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos ya que estos son los elementos fundamentales para la operación de las lavadoras y por lo mismo son los elementos que más fallan al momento que existe un paro en estas máquinas.

El mantenimiento para la lavadora semiindustrial requiere de actividades de mantenimiento preventivo, el hecho que sea una máquina relativamente nueva no da derecho de no tomarle importancia, por lo tanto, se requiere de medidas de inspección preventivas en sus elementos mecánicos y eléctricos. Se le debe de tomar gran importancia a esta máquina ya que es la única que está determinada para lencería del área de COVID – 19.

2.2.2.3. Propuesta de mantenimiento preventivo para las lavadoras

Al momento de conocer el estado actual de las lavadoras, de marca Milnor, hasta la fecha de la realización del EPS, se establece un plan de mantenimiento preventivo, el cual debe de llevarse a cabo en relación al tiempo con técnicas rigurosas ya que las máquinas se encuentran en estado crítico.

El mantenimiento preventivo para la lavadora semiindustrial debe de llevarse a cabo en relación al manual del fabricante, ya que por medio de este se conocen las técnicas a realizar y por medio de ellas lograr prevenir fallas y paros en su operación.

El mantenimiento de forma semanal se llevarán a cabo actividades de inspección y monitoreo de elementos, los cuales se pueden observar al momento que las máquinas están en operación, en especial los elementos neumáticos.

El mantenimiento de forma mensual se llevarán a cabo actividades de inspección y corrección de elementos que requieran de un corto tiempo para su realización después de haber realizado la inspección correspondiente, partiendo de ello se puede realizar un paro que tome un corto tiempo para la realización de sus actividades.

El mantenimiento de forma trimestral se llevarán a cabo actividades de inspección, corrección y sustitución de elementos que lo requieran, con regularidad se requiere de sustituir elementos eléctricos, mecánicos o neumáticos ya que en el estado que se encuentran las lavadoras estos elementos se desgastan con mayor frecuencia.

El mantenimiento de forma semestral se llevarán a cabo actividades de inspección, corrección, sustitución y pruebas de operación. Estas actividades de mantenimiento son las más completas y rigurosas para las lavadoras, por lo tanto, requieren de un mayor tiempo y se realizan únicamente cuando cada lavadora está en paro ya que se hacen actividades internas para verificar y asegurar el correcto funcionamiento de elementos a los que no se puede ingresar con facilidad.

2.2.3. Secadora industrial

Posterior a las actividades de lavado de lencería hospitalaria se realizan las actividades de secado de dicha lencería para cumplir con el proceso de aseo, desinfección e higiene de los utensilios personales utilizados en el hospital. Una secadora industrial es la máquina que tiene como objetivo el secado de lencería hospitalaria al momento que las actividades de lavado han finalizado.

Las secadoras utilizadas en el hospital son: dos secadoras de tipo pesado, marca Huebsch; dos secadoras de tipo pesado, marca Ipso.

Las secadoras de tipo pesado Huebsch se adquirieron en el año 1995 al momento que el hospital pasó a operar en las actuales instalaciones, sin embargo, el hospital adquirió las secadoras tipo pesado marca Ipso en el año 2017.

Figura 17. **Secadora tipo pesado No. 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Secadora tipo pesado No. 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Secadora tipo pesado No. 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Secadora tipo pesado No. 4**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.1. Descripción del estado actual de las secadoras

En el transcurso del EPS, las secadoras son las máquinas que menos problemas han presentado, ya que se encuentran en correctas condiciones para la operación de sus actividades diarias, por esta misma razón es que el su estado crítico es bajo ya que se con poca frecuencia fallan y se cuentan con la cantidad de equipos necesaria por si alguna de ellas llegase a fallar.

Las secadoras operan con ayuda del vapor que generan las calderas para lograr secar de manera eficiente grandes cantidades de ropa mojada, por lo que se requiere la cantidad justa y necesaria de vapor para lograr el trabajo deseado.

En relación a su operación, las secadoras operan en óptimas condiciones, siempre y cuando se haya realizado las rutinas de purga que se requiere, ya que, si las redes de distribución de vapor no se purgan el condensado no permite que el vapor a utilizar se movilice de manera eficiente hasta llegar a las secadoras y así lograr el trabajo que se requiere.

2.2.3.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento para las secadoras

El mantenimiento para las secadoras del hospital debe de ser preventivo, ya que estas secadoras se encuentran en óptimas condiciones, tanto las antiguas como las adquiridas más recientemente, por lo tanto, se requiere de llevar el control de monitoreo de condición respectivo a cada una de ellas para prevenir todo tipo de fallas, aun así, estas no se presenten en los equipos y sus elementos.

El mantenimiento preventivo para las secadoras debe de estar dedicada a la inspección, prevención, sustitución y corrección de los elementos mecánicos, eléctricos y las redes de distribución de vapor, así como también, la realización de las respectivas purgas del condensado almacenado en la tubería.

2.2.3.3. Propuesta de mantenimiento preventivo para las secadoras

El mantenimiento para las secadoras no es tan riguroso como el de las máquinas ya mencionadas, ya que, el estado en el que operan actualmente no es crítico, aun así, se deben de realizar actividades para conservar su correcta operación y que no presenten paros inesperados. Estas actividades deben de realizarse en un lapso de tiempo diario, semanal, mensual y semestral.

El mantenimiento diario se debe de realizar dos veces al día, cada uno a cierta hora, este mantenimiento consiste en purgar las redes de distribución del condensado que está saturado y no permite que el vapor se movilice de manera eficiente.

El mantenimiento semanal consiste en la inspección de los elementos mecánicos y eléctricos de las secadoras, estas actividades de inspección se pueden realizar al momento que las secadoras están en operación, ya que de esta manera se puede conocer la forma en que se está operando.

El mantenimiento mensual consiste en la inspección y corrección de algunos problemas que puedan ocasionar fallas a largo plazo, así como de elementos que estén produciendo problemas en la operación.

El mantenimiento semestral consiste en tener programado el paro de operación de la secadora que corresponda para poder desmontar los elementos mecánicos y eléctricos para conocer las fallas que presentan y asimismo realizar las actividades que correspondan al estado que estas presenten. Para las secadoras 1 y 2 se considera realizar el mantenimiento de manera trimestral ya que, el estado de estos equipos requiere de mayor atención para prevenir fallas en la operación.

2.2.4. Compresor industrial

El compresor de tipo industrial es de suma importancia para mejorar, facilitar y asegurar la operación de otras máquinas que requieren de un sistema neumático para su operación, en el caso de las lavadoras; para las calderas es de importancia ya que el compresor que trae adherido cada caldera no está en óptimas condiciones para proporcionar el aire necesaria para realizar la mezcla de combustible y aire necesario para la correcta combustión.

El hospital cuenta con dos compresores, uno que se encarga de suministrar el aire que requieren las calderas para producir la mezcla de combustible y aire para una correcta combustión, el otro compresor se encarga de suministrar a las redes de distribución del sistema neumático de las calderas de marca Milnor, las cuales, requieren de este insumo para operar.

Ambos compresores son de marca Quincy, uno de modelo QT – 3 para las calderas y el otro de modelo QT – 5 para el área de lavandería.

Figura 21. **Compresor destinado a las lavadoras**



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Compresor destinado a las calderas**



Fuente: elaboración propia.

2.2.4.1. Descripción del estado actual de los compresores

En el transcurso del EPS, los compresores presentaron pocas fallas, la falla más relevante fue el accionador automático, en especial en el compresor encargado de suministrar aire al área de lavandería, y se acudió a realizar las mismas correcciones en el compresor de las calderas. En el estudio de criticidad de equipos, los compresores se encuentran en estado crítico, ya que, estos equipos no cuentan con equipos sustitutos por si estos llegasen a fallar, por lo tanto, afectaría directamente a las máquinas que dependen de los compresores.

Los compresores operan de manera automática, al momento que la presión interna tiene valores de 60 psi estos accionan automáticamente, y al momento de llegar a los 120 psi deja de operar, por lo tanto, su rango de operación se encuentra entre estos valores de presión.

En general, los compresores operan de manera eficiente, siempre y cuando estos sean purgados con regularidad, ya que por humedad del ambiente o líquidos que se filtran en las redes de distribución llegan a almacenarse en el tanque del compresor provocando que su trabajo no sea del todo eficiente.

Los compresores operan en un rango de 8 horas, en un horario de las 5 horas y las 13 horas, por lo tanto, están fuera de operación un aproximado de 2 horas dentro de la jornada laboral.

2.2.4.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento para los compresores

El tipo de mantenimiento para los compresores del hospital debe de ser preventivo, ya que se encuentran en estado crítico por no contar con equipos sustitutos, por lo tanto, se deben de prevenir todo tipo de fallas y paros para no alterar la operación de otros equipos. Para ello, se debe de contar con actividades de inspección y monitoreo de condición de cada uno de los elementos de los compresores.

El mantenimiento preventivo para los compresores debe de estar dedicada a la inspección, prevención, sustitución y corrección de los elementos mecánicos, eléctricos y las redes de distribución neumática hacia cada una de las máquinas que dependen del suministro de los compresores, de igual forma, se debe de contar con las respectivas purgas de líquido almacenado en el tanque de los compresores.

2.2.4.3. Propuesta de mantenimiento preventivo para los compresores

El mantenimiento para los compresores no requiere de actividades tan rigurosas como la de otras máquinas, pero siempre se deben de realizar rutinas de inspección y actividades de prevención de fallas, tomando en cuenta que la criticidad de ambos compresores es alta. Las actividades de mantenimiento preventivo deben de realizarse a diario, mensual y trimestral.

En el mantenimiento diario deben de realizarse la purga correspondiente para evitar que el trabajo de los compresores sea ineficiente, asimismo, deben de evaluarse el nivel de aceite de los motores ya que son actividades de

prevención de fallas de ambos compresores y se pueden realizar mientras los compresores están en operación.

El mantenimiento mensual consiste en la inspección de los elementos mecánicos y eléctricos, así como también de variables de interés de los compresores, estas actividades de inspección se pueden realizar al momento que los compresores están operando sin necesidad de que se requiera parar su operación.

En el mantenimiento trimestral se consideran inspecciones y correcciones de las redes de distribución neumática y de elementos mecánicos y/o eléctricos, las cuales se pueden realizar al momento que los compresores están operando, o en el peor de los casos, en las últimas horas de jornada laboral. Se programa de esta forma con el fin de no provocar paros de operación en las horas de operación con tal de no afectar la operación de otras máquinas como lo son las calderas y las lavadoras.

2.2.5. Bombas de suministro para calderas

Las bombas de suministro para las calderas son un total de dos, cada caldera cuenta con su propia bomba de suministro de agua, estas bombas operan de manera automática, al momento que la caldera cuenta con un aproximado de dos terceras partes de su capacidad de agua, la bomba acciona para abastecer a la caldera del agua perdida al momento que esta se convierte en vapor y se conduce por las redes de distribución a los servicios que corresponde.

Las bombas de suministro de las calderas son de marca Hidromac de 7,5 caballos de fuerza, ambas bombas son capaces de suministrar el agua a las

calderas ya que lo hacen a una presión mayor de 70 psi, ya que esa es la presión límite de operación de las calderas.

Figura 23. **Bomba de suministro de agua para caldera No. 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Bomba de suministro de agua para caldera No. 2**



Fuente: elaboración propia.

2.2.5.1. Descripción del estado actual de las bombas de suministro de agua

En el transcurso del EPS, las bombas no presentaron problemas algunos, por lo tanto, se determinó que en los seis meses de operación diaria operan de manera eficiente.

Se realizó un promedio de operación de las bombas de suministro tomando en cuenta el tiempo de operación de cada una de ellas, el rango de operación abarca tres minutos y treinta y cinco segundos, siendo los treinta y cinco

segundos de operación activa y tres minutos de descanso. Por lo tanto, en un día opera una cantidad aproximada de veinticinco minutos.

El estado de las bombas de suministro es eficiente, ya que permanecen en una ubicación ideal de operación, con sus elementos correspondientes y su montaje adecuado, estos son los factores que elevan la confiabilidad de las bombas y el resultado es que no fallen con regularidad.

2.2.5.2. Identificación y descripción de tipo de mantenimiento para las bombas de suministro de agua

Las bombas de suministro para las calderas requieren de inspecciones y monitoreos de condición para llevar el control correspondiente de la operación diaria de cada una de las bombas. Se debe de considerar que la prevención de fallas es indispensable ya que, si las bombas llegan a fallar afectan en gran parte la operación de las calderas, por lo tanto, afectarían gran cantidad de servicios dentro del hospital.

El mantenimiento para las bombas de suministro para las calderas debe de ser preventivo, dicho mantenimiento debe de ir directamente relacionado en los elementos mecánicos y eléctricos ya que estos son los elementos fundamentales para la operación de cada una de las bombas.

2.2.5.3. Propuesta de mantenimiento preventivo para las bombas de suministro de agua

El mantenimiento para las bombas de suministro para las calderas no requiere de actividades tan rigurosas como las de otras máquinas, eso no

significa que no se realicen actividades preventivas. Se debe de tomar en cuenta que la criticidad de las bombas es alta por el hecho que no existen equipos sustitutos por alguna falla que llegue al paro. Dichas actividades preventivas se realizan de manera semanal, mensual y semestral.

En el mantenimiento semanal se debe de realizar actividades de limpieza e inspección de operación. Se debe de verificar que las bombas están trabajando a la presión ideal para vencer la presión de las calderas y así suministrar agua a la presión en que estén operando las calderas.

El mantenimiento mensual consiste en la inspección de los elementos mecánicos y eléctricos, asimismo, se debe de verificar y corregir el nivel de aceite del motor si así fuese necesario. Estas son actividades que se pueden realizar al momento que las bombas están en operación; si la corrección fuese de manera rigurosa, se debe de programar en un momento que las bombas no estén operando ya que el trabajo de las bombas no es constante.

El mantenimiento semestral va asociado con el mantenimiento de las calderas, por lo tanto, al momento que se esté realizando mantenimiento a las calderas se puede programar un día para realizar el mantenimiento correspondiente a la bomba que corresponde a la caldera, el paro por mantenimiento de las calderas se debe de aprovechar para realizar mantenimiento interno de la bomba de esa caldera.

2.3. Tipos de equipos auxiliares

El área de calderas y el área de lavandería cuentan con variedad de equipos auxiliares, los cuales son de beneficio y de suma necesidad contar con ellos para que los procesos de cada área sean eficientes y pueda cumplir con el trabajo que

se requiere para que las actividades que dependen de estas áreas de igual forma sean eficientes y el servicio de hacia los pacientes sea el ideal, de esta manera cumplir con la misión y alcanzar la visión que el hospital se propuso.

2.3.1. Manifold de vapor y agua caliente

El manifold de vapor y agua caliente es de gran importancia, ya que es el punto de partida de las redes de distribución de estos insumos a otras áreas del hospital.

El manifold de vapor cuenta con un total de seis válvulas de mariposa para permitir y restringir el paso del vapor hacia diferentes servicios, estas válvulas permiten que el vapor llegue a central de equipos para la operación de los autoclaves, a lavandería para la operación de las secadoras, dos de estas llaves están destinadas al calentamiento de agua el cual se realiza en dos tanques diferentes y dos de estas llaves son las que distribuyen el vapor al manifold proveniente de cada una de las dos calderas.

El manifold de agua caliente cuenta con dos válvulas de mariposa las cuales permiten y restringen el paso de agua caliente que es calentada y almacenada en dos tanques distintos. Estas redes de distribución permiten que el agua caliente llegue tanto a lavandería como también a los diferentes servicios de atención para a la higiene personal de los pacientes.

2.3.2. Tanques de almacenamiento de agua caliente

El hospital, en el área de calderas cuenta con dos tanques, cada uno de ellos cuentan con tres vías, dos de entrada y una de salida. Las vías de entrada corresponden a la entrada de agua y la entrada de vapor, el vapor es el

encargado de calentar el agua a cierta temperatura, la cual es controlada por medio de un termostato; la vía de salida de cada tanque corresponde a la salida del agua caliente para que sea distribuida a todos los servicios que requieren de este insumo.

2.3.3. Redes de distribución

Las redes de distribución para ambas áreas corresponden a redes hidráulicas, neumática, eléctrica y de vapor. Tanto en el área de calderas y área de lavandería se cuenta con redes de distribución hidráulicas, neumáticas y eléctricas.

Para el área de calderas las redes de distribución hidráulica son todas las vías de suministro de agua para las calderas y las redes de distribución del agua caliente para los diferentes servicios; las redes de distribución neumática son las vías que transportan el aire comprimido el cual es utilizado para la mezcla de aire y combustible requerido para la llama de las calderas; las líneas de distribución eléctricas son todas aquellas que distribuyen la energía eléctrica para la operación de las calderas, los compresores, las bombas y los termostatos de los tanques de almacenamiento de agua caliente; y las redes de vapor son aquellas que reciben el vapor proporcionada por las calderas y la distribuyen hacia el área de central de equipos y al área de lavandería.

Para el área de lavandería las redes de distribución hidráulica son todas las vías que transportan el agua limpia a las lavadoras, así como las vías que transportan el agua al desagüe cuando está ya fue utilizada y es desechada; las redes de distribución neumática son las vías que distribuyen el aire comprimido a las lavadoras, ya que, estas operan por medio de accionamientos neumáticos; las líneas de distribución eléctrica son todas aquellas que distribuyen la energía

eléctrica para las lavadoras y secadoras; y las redes de vapor son las que distribuyen el vapor para la operación de las lavadoras y las secadoras del servicio.

2.3.4. Termómetros

Los termómetros son instrumentos de gran importancia, ya que, son los que determinan la temperatura de operación de las máquinas, estos instrumentos se encuentran tanto en el área de calderas como en el área de lavandería.

En el área de calderas estos instrumentos se encuentran en las calderas las cuales determinan la temperatura que se encuentra en la cámara de combustión, la temperatura del combustible y la temperatura de los gases de combustión que son expulsados al medio ambiente; también se encuentran en los tanques de agua caliente, los cuales determinan la temperatura a la que se encuentra el agua en el interior de los tanques.

En el área de lavandería los termómetros se encuentran en las secadoras, los cuales determinan la temperatura de operación la cual es proporcionada por el vapor que es utilizado para secar las prendas hospitalarias.

2.3.5. Manómetros

Los manómetros son los instrumentos destinados a medir y determinar los valores de presión que se encuentran en la operación de los equipos. Los manómetros se encuentran tanto en el área de calderas como en el área de lavandería.

En el área de calderas se cuenta con manómetros en las calderas para determinar a qué presión se encuentra el vapor de agua dentro de las mismas; en las bombas de suministro de agua para medir la presión a la que ingresa el agua a las calderas; y en los compresores para determinar a qué presión se distribuye el aire comprimido a las calderas.

En el área de lavandería se cuenta con manómetros en las vías de distribución de aire comprimido para el sistema neumático de las lavadoras de marca Milnor, ya que su trabajo se basa en el aire comprimido que es suministrado en ellas, ya que, las lavadoras requieren de una presión de 100 psi para operar de manera eficiente sin ninguna interrupción; asimismo, se cuenta con manómetros en las vías de distribución de vapor hacia las secadoras, las cuales determinan a que presión ingresa el vapor hacia las mismas y poder realizar el secado correspondiente de las prendas hospitalarias.

2.3.6. Mangueras

Las mangueras en las máquinas referentes al área de calderas y al área de lavandería son de gran importancia, ya que son por medio de ellas que se distribuyen los fluidos a ciertos destinos y elementos de los mismos equipos.

En el área de calderas se cuenta con mangueras en las calderas ya que son por medio de ellas que se distribuye el combustible precalentado, asimismo, se distribuye el aire comprimido al final de su trayecto para realizar la mezcla correspondiente para producir la llama en la cámara de combustión.

En el área de lavandería se cuenta con mangueras, las cuales son de gran importancia para distribuir únicamente el aire comprimido que ingresa a los

diferentes elementos de las lavadoras de marca Milnor, de esta manera se logra transportar este fluido a diferentes partes de las maquinas que lo requieren.

2.4. Mantenimiento preventivo

Se denomina mantenimiento preventivo a todas aquellas actividades que se realizan a las máquinas o equipos con el fin de preservar su operación en el ámbito que corresponde, por medio de, la prevención de fallas. Por lo tanto, en el área de calderas y de lavandería del hospital se han establecido las actividades rigurosas de un mantenimiento preventivo para aumentar la eficiencia de trabajo de cada una de las máquinas.

2.4.1. Calderas

Existen elementos y/o partes de las calderas que son de gran importancia en la correcta operación de las mismas, en las cuales se les ha determinado actividades para la prevención de fallas. Estas actividades preventivas se determinaron en relación a la importancia de la operación de las calderas para el hospital.

2.4.1.1. Quemador

El quemador es de los elementos de más importancia en las calderas, ya que es el que permite la mezcla de aire y combustible para que genere la llama.

El mantenimiento preventivo propuesto para este elemento es la realización de inspecciones a cierto tiempo, en este caso en un lapso de seis meses, en la cual, se ha determinado que este debe de ser desmontado del interior de la

caldera y realizarle las inspecciones correspondientes para determinar que el estado de operación sea el adecuado.

Además de extraer este elemento de la caldera se han determinado diferentes actividades preventivas las cuales se pueden realizar con mayor frecuencia y sin desmontar el quemador de la caldera, estas actividades son: inspección de la bujía de encendido, inspección del ventilador, inspección de las mangueras de aire comprimido y de combustible, inspección de válvulas de paso e inspección de termómetros y manómetros.

2.4.1.2. Cámara de agua

La cámara de agua tiene la función de recibir el agua proveniente de las bombas de suministro y almacenarla de manera que esta pueda evaporarse.

El mantenimiento preventivo para la cámara de agua se puede realizar únicamente cuando la caldera se desmonta ya solo de esta manera se puede tener acceso y de esa manera realizar las actividades preventivas, las cuales se han determinado realizar en un lapso de seis meses.

Además, se pueden realizar actividades preventivas sin tener que desmontar la caldera, estas actividades son la purga de agua para expulsar todo tipo de sedimentos que pueden estar presentes en el agua, así como también, procesos de tratamientos de agua.

2.4.1.3. Cámara de combustión

Es en la cámara de combustión donde se genera la llama de fuego por medio de la mezcla de aire y combustible, y así lograr calentar el agua a cierta presión hasta alcanzar que el agua se evapore.

El mantenimiento preventivo para la cámara de combustión de las calderas se requiere únicamente que esta sea desmontada para tener acceso y realizar las operaciones correspondientes, las cuales se basan en la limpieza de hollín que queda restante por la combustión.

2.4.1.4. Ventiladores

Los ventiladores en las calderas son de vital importancia, por lo que, se requiere contar con la correcta operación de estos equipos.

El mantenimiento para los ventiladores de las calderas requiere de actividades no tan rigurosas como de otros elementos, ya que, para realizar estas actividades no se requiere desmontar la caldera. Las actividades se realizan por la parte externa de las calderas ya que, con frecuencia estas actividades están relacionadas con el sistema eléctrico del mismo elemento y de la caldera en general.

2.4.1.5. Tubos de fuego

Los tubos de fuego son de los elementos más importantes de las calderas, por medio de estos se transportan los gases de combustión a una temperatura muy elevada los cuales permiten aumentar la temperatura del agua hasta evaporarla.

Las actividades de mantenimiento preventivo para los tubos de fuego son de las más importantes por lo que se deben de realizar de manera comprometida. Estas actividades van en relación con la limpieza con el fin de que los gases de combustión tengan la capacidad de transportarse libremente por medio de ellos.

En la parte interna de los tubos se contempla que estén libres de cualquier material que obstruya el paso de los gases de combustión, este caso el hollín; en la parte externa de los tubos se contempla que estén libres de cualquier material que sea capaz de aislar el calor logrando que la transferencia de calor sea ineficiente, en este caso este material comúnmente es el sarro producido por no contar con un buen tratamiento de agua.

Tabla I. **Actividades de mantenimiento para caldera No. 1**

Caldera #1		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Inspección de manómetro de aire comprimido	Semanal
2	Inspección de manómetro digital	Semanal
3	Inspección de termómetro de chimenea	Semanal
4	Limpieza de bujía	Semanal
5	Inspección y limpieza de manguera de bunker	Mensualmente
6	Inspección y limpieza de manguera de aire	Mensualmente
7	Inspección y limpieza de quemador	Mensualmente
8	Inspección y limpieza de panel de control	Mensualmente
9	Inspección de termómetro de combustible	Mensualmente
10	Inspección de manómetro de combustible	Mensualmente
11	Limpieza de filtro de combustible	Mensualmente
12	Inspección de válvula de agua	Trimestralmente
13	Inspección de válvula de aire	Trimestralmente
14	Inspección de válvula de combustible	Trimestralmente
15	Inspección de interruptor de bomba de combustible	Trimestralmente
16	Inspección de sistema eléctrico	Trimestralmente
17	Limpieza de tubos de combustión	Semestralmente
18	Limpieza de cámara de combustión	Semestralmente
19	Limpieza de líneas de distribución de vapor	Semestralmente
20	Limpieza de líneas de distribución de agua	Semestralmente
21	Limpieza de líneas de distribución de aire	Semestralmente

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Actividades de mantenimiento para caldera No. 2**

Caldera #2		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Inspección de manómetro de aire comprimido	Semanal
2	Inspección de manómetro digital	Semanal
3	Inspección de termómetro de chimenea	Semanal
4	Limpieza de bujía	Semanal
5	Inspección y limpieza de manguera de bunker	Mensualmente
6	Inspección y limpieza de manguera de aire	Mensualmente
7	Inspección y limpieza de quemador	Mensualmente
8	Inspección y limpieza de panel de control	Mensualmente
9	Inspección de termómetro de combustible	Mensualmente
10	Inspección de manómetro de combustible	Mensualmente
11	Limpieza de filtro de combustible	Mensualmente
12	Inspección de válvula de agua	Trimestralmente
13	Inspección de válvula de aire	Trimestralmente
14	Inspección de válvula de combustible	Trimestralmente
15	Inspección de interruptor de bomba de combustible	Trimestralmente
16	Inspección de sistema eléctrico	Trimestralmente
17	Limpieza de tubos de combustión	Semestralmente
18	Limpieza de cámara de combustión	Semestralmente
19	Limpieza de líneas de distribución de vapor	Semestralmente
20	Limpieza de líneas de distribución de agua	Semestralmente
21	Limpieza de líneas de distribución de aire	Semestralmente

Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Lavadoras

Como parte de las lavadoras industriales, existen elementos y/o partes de gran importancia para lograr la operación deseada por parte de ellas, de las cuales se han establecido actividades para la prevención de fallas. Sin embargo, las lavadoras se encuentran en estado crítico de operación, por lo que, se han determinado actividades preventivas más rigurosas.

2.4.2.1. Motores

Las lavadoras cuentan con diferentes métodos de operación, y estos se basan en sus motores. La lavadora Milnor de 225 libras funciona con tres motores y una caja reductora, las cuales permiten que el tambor gire a diferentes velocidades y a diferentes direcciones; la lavadora Milnor de 135 libras cuenta con dos motores y una caja reductora permitiendo así el cambio de dirección y de diferentes velocidades; y la lavadora semi industrial cuenta con un único motor el cual realiza todo el trabajo de operación.

Las actividades de mantenimiento preventivo se basan en la inspección de los motores como también en el sistema eléctrico, ya que, es el problemas más frecuente que se presenta en las lavadoras, por lo tanto, para ambas lavadoras de marca Milnor se estableció como actividades preventivas realizar inspección de operación de los motores en relación al sistema eléctrico que rodean los motores, tomando en cuenta que el sistema eléctrico ha sido reformado; para el motor de la lavadora semi industrial se estableció realizar inspecciones de operación del motor y realizar los trabajos de mantenimiento que correspondan.

2.4.2.2. Válvulas neumáticas

El sistema neumático en las lavadoras de marca Milnor es fundamental, ya que, la operación de estas es por medio del principio físico de la neumática.

Ya que se trata de un sistema neumático, se cuenta con variedad de válvulas neumáticas que permiten y restringen el paso de aire comprimido por medio del sistema. Estas válvulas requieren de actividades de mantenimiento con el fin de prevenir fallas o fugas de aire comprimido en el sistema provocando que el trabajo del sistema neumático sea ineficiente.

Las actividades preventivas para estas válvulas neumáticas se centran en la observación e inspección de fugas y fallas que puedan presentar, ya que, el aire comprimido pasa a altos valores de presión, con el tiempo las válvulas permiten la fuga de este fluido.

Así como existen válvulas en el sistema neumático asimismo existen mangueras y pistones, en este caso, el pistón del freno, que requieren de la realización de las mismas actividades de mantenimiento para prevenir fugas de aire comprimido, logrando que el sistema neumático sea lo más eficiente posible.

2.4.2.3. Panel de control

El panel de control, en el caso de las lavadoras industriales, es de suma importancia, ya que por medio de él se lleva el control programando las diferentes actividades que se desean realizar.

El panel de control para las lavadoras de marca Milnor ha sido reformado, los cuales han sufrido cambios en la forma de programar los diferentes procesos de limpieza en las prendas hospitalarias. Al mencionar que el panel de control ha sido reformado se entiende que el sistema eléctrico también lo ha sido.

Las actividades de mantenimiento preventiva del panel de control y el sistema eléctrico se basa en la limpieza de contactores y elementos eléctricos que permiten la programación de procesos de operación de las lavadoras; así como también la inspección de elementos y conexiones con el fin de que el sistema eléctrico no cuente con fallas al momento de que las lavadoras operen.

2.4.2.4. Tambor

El tambor es elemento principal de operación de las lavadoras, por lo que, es este el que recibe todas las órdenes proporcionadas por el sistema eléctrico y neumático para que pueda operar, el tambor es el que opera por medio de la transmisión de energía proporcionada por los motores por medio de fajas, así como también por la presión del aire comprimido suministrado por medio del sistema neumático proveniente del compresor.

Las actividades de mantenimiento preventivo para el tambor de las lavadoras se basa en la inspección de las fajas, en el sistema eléctrico y en el sistema neumático, ya que, al unir el trabajo de todos estos elementos es que el tambor logra operar de manera correcta.

Como parte del tambor se encuentran las puertas de las del mismo, estas son las que permiten mayor seguridad en la operación previniendo fugas de agua por donde se ingresan las prendas hospitalarias, ya que si estas no se encuentran en buen estado la operación de las lavadoras es ineficiente. Por lo tanto, las puertas requieren de actividades de inspección para evaluar el estado de estas y prevenir fallas al momento que las lavadoras operen.

Tabla III. **Actividades de mantenimiento para lavadora industrial No. 1**

Lavadora #1, industrial		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Limpieza superficial de lavadora	Semanalmente
2	Inspección y limpieza de circuitos eléctricos	Mensualmente
3	Inspección de puertas	Mensualmente
4	Inspección de pistón de frenado	Mensualmente
5	Limpieza de PLC	Mensualmente
6	Inspección de caja reductora	Trimestralmente
7	Inspección y tensar fajas de motores	Trimestralmente
8	Inspección y tensar fajas de tambor	Trimestralmente
9	Inspección y calibración de manómetro	Semestralmente
10	Inspección de líneas de distribución de agua	Semestralmente
11	Inspección de líneas de distribución de aire	Semestralmente
12	Inspección / corrección de motor 1	Semestralmente
13	Inspección / corrección de motor 2	Semestralmente
14	Inspección / corrección de motor 3	Semestralmente
15	Inspección / corrección de válvulas neumáticas	Semestralmente
16	Inspección / corrección de conexión eléctrica de motores	Semestralmente

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Actividades de mantenimiento para lavadora industrial No. 2**

Lavadora #2, industrial		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Limpieza superficial de lavadora	Semanalmente
2	Inspección de puertas	Mensualmente
3	Limpieza de PLC	Mensualmente
4	Inspección de pistón de frenado	Mensualmente
5	Inspección de caja reductora	Trimestralmente
6	Inspección y tensar fajas de motores	Trimestralmente
7	Inspección y tensar fajas de tambor	Trimestralmente
8	Inspección y calibración de manómetro	Semestralmente
9	Inspección de motor	Semestralmente
10	Inspección de líneas de distribución de agua	Semestralmente
11	Inspección de líneas de distribución de aire	Semestralmente
12	Inspección y limpieza de circuitos eléctricos	Semestralmente
13	Inspección de válvulas neumáticas	Semestralmente

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Actividades de mantenimiento para lavadora semi industrial**

Lavadora #3, semi industrial		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Limpieza de pantalla táctil	Diariamente
2	Inspección y limpieza de panel de control	Semanalmente
3	Inspección de puerta	Semanalmente
4	Inspección y limpieza de tarjeta electrónica	Mensualmente
5	Inspección de líneas de distribución de agua	Mensualmente
6	Inspección de cableado eléctrico	Mensualmente
7	Inspección de motor	Trimestralmente

Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Secadoras

El estado crítico de las secadoras es bajo, por lo que, las actividades preventivas que se determinaron para cada uno de sus elementos de gran importancia no son del todo rigurosos, pero si necesarios e importantes, tomando en cuenta que, estas máquinas cuentan una mayor cantidad de partes o elementos de operación.

2.4.3.1. Motores

Los motores de las secadoras son los elementos de gran importancia en la operación de las mismas, ya que por medio de ellas es posible el accionamiento del tambor y permite el movimiento de la lencería hospitalaria para que el proceso de secado sea eficiente.

Para que la secadora es de suma importancia contar con los motores en óptimas condiciones, por lo que se requiere que exista una programación de

actividades de mantenimiento con el fin de prevenir fallas en los motores y de esta manera evitar que se produzcan paros en la operación de dichos equipos.

Los motores de las cuatro secadoras operan de la misma manera, por lo tanto, las actividades de mantenimiento para los cuatro motores son similares, tomando en cuenta que, los motores de las secadoras antiguas requieren de actividades más rigurosas ya que su tiempo de vida ha sido más extenso que la de las secadoras nuevas, por lo tanto, la probabilidad de fallas es mayor.

2.4.3.2. Válvulas de distribución de vapor

Las válvulas de distribución de vapor requieren de actividades de mantenimiento preventivas, con el fin de evitar fugas de vapor que convertirían el proceso de distribución de vapor en un proceso ineficiente. Si el proceso de distribución de vapor hacia las secadoras es ineficiente existiría una gran cantidad de condensado que daría lugar a golpe de ariete que afectaría las redes de distribución.

Ya que las válvulas de distribución de vapor son las encargadas de permitir y restringir el paso de vapor es importante realizar inspecciones de condición para evaluar el estado de las mismas, ya que si estas fallan ya no se tendría control del vapor dentro de las redes de distribución.

Las actividades de mantenimiento para las válvulas de vapor deben de ser realizadas con frecuencia para evitar este tipo de fallas que ocasionarían un paro en la operación de las secadoras, asimismo, contar con un eficiente control de las secadoras al momento que estas se encuentran en operación.

2.4.3.3. Panel de control

Siendo el panel de control quien permite almacenar de energía eléctrica cada uno de los elementos de las secadoras es quien debe de permanecer en aptas condiciones de operación, el panel de control cuenta con muchos elementos eléctricos, los cuales, deben de operan con la mayor confiabilidad posible de manera individual como también de manera conjunta entre ellos.

Las actividades preventivas para dicho panel de control se refieren a la inspección, limpieza y evaluación de cada uno de sus elementos. Las inspecciones en un cierto rango de tiempo es lo ideal, mientras que, al momento de desmontar las secadoras para su respectivo mantenimiento general, lo ideal es realizar de igual forma, un mantenimiento general a las líneas de distribución eléctrica y elementos del panel de control.

2.4.3.4. Tambor

El tambor como elemento fundamental de operación de secado de lencería hospitalaria requiere de gran atención a su forma de operación como también de posibles fallas que existan en él, ya que, al momento que este llega a fallar no hay forma de poder secar la lencería hospitalaria ya que esta requiere estar en movimiento para quitar todo aquel liquido presente en ella.

Se requiere de rutinas de inspección y actividades de mantenimiento preventivo con el objetivo de evitar todo tipo de fallas que produzcan paros imprevistos en las secadoras las cuales lleguen a alterar el proceso de secado de toda la lencería que al terminar el proceso de limpieza y desinfección gracias a la operación de las lavadoras. Dichas rutinas y actividades de mantenimiento

se deben de realizar con frecuencia para no correr el riesgo que se produzcan fallas o las fallas que ya existen sean más severas.

2.4.3.5. Ventiladores

Para las secadoras se requiere de ventiladores ya que el proceso de secado de lencería hospitalaria necesita de aire para desprender las partículas de agua que están en la ropa.

Por lo tanto, las secadoras industriales requieren de que los ventiladores operen en óptimas condiciones, y eso se logra al tener rutinas de inspección y actividades de mantenimiento con el objetivo de prevenir todo tipo de fallas que produzcan un trabajo ineficiente al momento de secar la lencería hospitalaria, ya que, en el peor de los casos, al momento que fallan los ventiladores se puede ocasionar un sobrecalentamiento dentro del tambor de las secadoras como también una saturación de vapor.

Además de tomar en cuenta el estado físico de los ventiladores es de gran importancia tomar en cuenta el sistema eléctrico que permite a estos ventiladores operar conjunto al proceso de secado.

2.4.3.6. Serpentín

El serpentín de las secadoras es aquel elemento de las maquinas encargado de condensar el vapor ya utilizado ya sea residual, así como también el vapor que está saturado en el tambor de trabajo de dicha secadora, este trabajo de condensación es realizado con el objetivo de reutilizar el vapor ya utilizado, en la que en el hospital ese no es el caso.

El mantenimiento de este elemento de las secadoras es de gran importancia, y es de las actividades más rigurosas de dichas máquinas, esto se debe a que la forma física de dicho serpentín es compleja ya que cuenta con tubos capilares que están distribuidos por todo el elemento con el fin de que por medio de ellos el vapor sea capaz de condensarse, por lo que, al tratarse de tubos capilares el mantenimiento se hace más complicado si estos llegasen a fallar.

Para prevenir todo tipo de fallas en los serpentines, las actividades básicas y fundamentales de prevención son las de limpieza, ya que se cuentan expuestas a todo tipo de elementos, principalmente por el polvo, dichas partículas son las que comúnmente producen fallas en los serpentines.

Tabla VI. **Actividades de mantenimiento para secadora No. 1**

Secadora #1, tipo pesado		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Purga de condensado en líneas de distribución	Diariamente
2	Inspección y limpieza de serpentín	Mensualmente
3	Limpieza de PLC	Mensualmente
4	Limpieza superficial de secadora	Mensualmente
5	Inspección / limpieza de panel de control	Mensualmente
6	Inspección de puertas	Mensualmente
7	Inspección de fajas de tambor	Trimestralmente
8	Inspección de fajas de motor	Trimestralmente
9	Inspección de líneas de distribución	Trimestralmente
10	Inspección / corrección de conexiones eléctricas	Trimestralmente
11	Inspección de campana de gases de combustión	Trimestralmente
12	Inspección / corrección de motor	Trimestralmente

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Actividades de mantenimiento para secadora No. 2**

Secadora #2, tipo pesado		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Purga de condensado en líneas de distribución	Diariamente
2	Inspección y limpieza de serpentín	Mensualmente
3	Limpieza de PLC	Mensualmente
4	Limpieza superficial de secadora	Mensualmente
5	Inspección / limpieza de panel de control	Mensualmente
6	Inspección de puertas	Mensualmente
7	Inspección de fajas de tambor	Trimestralmente
8	Inspección de fajas de motor	Trimestralmente
9	Inspección de líneas de distribución	Trimestralmente
10	Inspección / corrección de conexiones eléctricas	Trimestralmente
11	Inspección de campana de gases de combustión	Trimestralmente
12	Inspección / corrección de motor	Trimestralmente

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Actividades de mantenimiento para secadoras No. 3**

Secadora #3, tipo pesado		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Purga de condensado en líneas de distribución	Diariamente
2	Inspección y limpieza de serpentín	Mensualmente
3	Limpieza de PLC	Mensualmente
4	Limpieza superficial de secadora	Mensualmente
5	Inspección / limpieza de panel de control	Mensualmente
6	Inspección de puertas	Mensualmente
7	Inspección de fajas de tambor	Trimestralmente
8	Inspección de fajas de motor	Trimestralmente
9	Inspección de líneas de distribución	Trimestralmente
10	Inspección / corrección de conexiones eléctricas	Trimestralmente
11	Inspección de campana de gases de combustión	Trimestralmente
12	Inspección / corrección de motor	Trimestralmente

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Actividades de mantenimiento para secadoras No. 4**

Secadora #4, tipo pesado		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Purga de condensado en líneas de distribución	Diariamente
2	Inspección y limpieza de serpentín	Mensualmente
3	Limpieza de PLC	Mensualmente
4	Limpieza superficial de secadora	Mensualmente
5	Inspección / limpieza de panel de control	Mensualmente
6	Inspección de puertas	Mensualmente
7	Inspección de fajas de tambor	Trimestralmente
8	Inspección de fajas de motor	Trimestralmente
9	Inspección de líneas de distribución	Trimestralmente
10	Inspección / corrección de conexiones eléctricas	Trimestralmente
11	Inspección de campana de gases de combustión	Trimestralmente
12	Inspección / corrección de motor	Trimestralmente

Fuente: elaboración propia.

2.4.4. Bombas de suministro de agua para calderas

Las bombas de suministro para las calderas son de gran importancia para la operación de las calderas, por lo que, se requiere que estos equipos se encuentren en aptas condiciones para no alterar el funcionamiento de las calderas en segundo plano, por lo tanto, se establecieron las actividades preventivas correspondientes a cada uno de los elementos de importancia para la operación de las bombas.

2.4.4.1. Impulsor

El impulsor es el elemento de acero de forma circular que permite el paso del agua en dirección que se desea, particularmente el agua es dirigida de manera vertical, hacia arriba gracias al trabajo del impulsor. El impulsor está

sostenido por un eje, por lo tanto, se requiere que se encuentre con cierto balance en sus ejes.

El mantenimiento para dicho impulsor se basa en la limpieza y posicionamiento del mismo, con el fin de prevenir todo tipo de obstrucciones por sedimentos que puedan correr en compañía del agua o de vibraciones o desajustes que son innecesarios en las bombas de suministro.

La prevención de fallas para estos elementos de las bombas es indispensable con el objetivo de que el trabajo de transportar el agua hacia las calderas sea eficiente y no se corra el riesgo de fugas por mal posicionamiento o falta de agua en la cámara de evaporación de las calderas.

2.4.4.2. Rodamientos

Los rodamientos o cojinetes de una bomba de suministro son denominados los elementos más importantes de una bomba, esto se debe a que son quienes permiten el movimiento circular del eje principal y son quienes mantienen la posición de dicho eje estable previniendo todo tiempo de desbalanceo y vibraciones.

La prevención de fallas para los rodamientos o también llamados cojinetes se basa en la estabilidad de trabajo de otros elementos que dependen de estos para hacer posible el trabajo en general de las bombas; el balance es una característica mecánica que de igual manera dependen de los rodamientos, asimismo, no se pierde la energía cinética necesaria para permitir la rotación del eje y del impulsor.

El mantenimiento para los rodamientos se basa en la prevención de desgaste que pueda surgir en estos ya sea por alta carga o descuido de inspecciones de condición. Por lo tanto, se requiere de inspecciones y evaluaciones correspondientes, y si lo requiere, realizar sustituciones de los mismo para prevenir todo tipo de anomalías que se puedan presentar en los equipos y sus elementos.

2.4.4.3. Carcasa

La carcasa de las bombas de suministro es un elemento de suma importancia, ya que, es gracias a ella que los elementos están debidamente protegidos de elementos externos o problemas ajenas a las bombas, por lo tanto, se requiere que este elemento exista en las bombas, así como también su correcta instalación para proteger los elementos internos que permiten el desplazamiento de agua hacia las calderas.

El mantenimiento de la carcasa para las bombas de suministro se basa en inspecciones de instalación y de limpieza. Por ser el elemento protector de las bombas la carcasa debe de encontrarse en óptimas condiciones.

La carcasa de las bombas es fundamental en las mismas, ya que por medio de ella se puede determinar otro tipo de fallas internas que se presentan como vibración por desbalanceo o que se presentan por altas temperaturas por fricción de elementos por desgaste.

Tabla X. **Actividades de mantenimiento para bomba No. 1**

Bomba de suministro #1		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Inspección de válvula de palanca, tanque	Mensualmente
2	Inspección de válvula de palanca, conexión	Mensualmente
3	Inspección de válvula de palanca, bomba	Mensualmente
4	Limpieza de sistema eléctrico automático	Mensualmente
5	Inspección y limpieza de interruptor manual	Mensualmente
6	Limpieza externa de carcasa	Mensualmente
7	Inspección de líneas de distribución	Semestralmente
8	Inspección / corrección de eje	Semestralmente
9	Inspección y calibración de manómetro	Semestralmente
10	Inspección / corrección del motor	Semestralmente
11	Inspección / corrección del rotor	Semestralmente

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Actividades de mantenimiento para bomba No. 2**

Bomba de suministro #2		
No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Inspección de válvula de palanca, tanque	Mensualmente
2	Inspección de válvula de palanca, conexión	Mensualmente
3	Inspección de válvula de palanca, bomba	Mensualmente
4	Limpieza de sistema eléctrico automático	Mensualmente
5	Inspección y limpieza de interruptor manual	Mensualmente
6	Limpieza externa de carcasa	Mensualmente
7	Inspección de líneas de distribución	Semestralmente
8	Inspección / corrección de eje	Semestralmente
9	Inspección y calibración de manómetro	Semestralmente
10	Inspección / corrección del motor	Semestralmente
11	Inspección / corrección del rotor	Semestralmente

Fuente: elaboración propia.

2.4.5. Almacén de repuestos

El almacén de repuestos para el área de mantenimiento del hospital requiere de un abastecimiento en el cual, se cuente con todos aquellos repuestos de piezas, partes y elementos que con más frecuencia requieren ser sustituidos en actividades correctivas en la máquina que lo requiera.

2.4.5.1. Disponibilidad de repuestos para los equipos

La disponibilidad de repuestos para los equipos se establece por medio de un análisis y estudio de fallas, en los cuales se detallaron las piezas, partes y elementos que han fallado con mayor frecuencia. Se organizó por área y máquina, de esta manera se determinaron las actividades correctivas con mayor influencia en los equipos en compañía de las respuestas requeridas en esas actividades, los cuales se enlistaron.

La disponibilidad de repuestos se requiere en el área de mantenimiento del hospital para que el tiempo de mantenimiento no sea extenso y el paro afecte en las labores del hospital, si este fuera imprevisto; asimismo, se requiere para que las actividades de mantenimiento preventivo sean lo más eficientes posibles.

3. FASE DE DOCENCIA

3.1. Importancia de la implementación del plan de mantenimiento preventivo para el área de calderas y lavandería

Para los equipos del área de calderas y del área de lavandería del Hospital Regional de El Quiché es de suma importancia la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, esto se debe a que no se cuenta con actividades programadas para cada uno de los equipos.

3.2. Importancia de historiales de mantenimiento

El historial de los mantenimientos realizados a uno de los equipos requiere de prestarle gran atención, ya que por medio de las actividades que se han realizado con el pasar del tiempo se cuenta con información de suma importancia que facilita la toma de decisiones al momento que ocurren fallas o al momento de establecer distintas actividades preventivas para cada equipo.

Contar con un historial de actividades para cada equipo de las áreas de calderas y de lavandería sería de gran beneficio para conocer la forma en que opera cada equipo que está activo en esas áreas, por lo tanto, al momento de conocer la forma de operar cada equipo es posible establecer nuevas rutinas de mantenimiento y actividades tanto preventivas como correctivas cuando el equipo lo requiera.

El historial de mantenimiento se puede establecer almacenando toda la información que proporciona la máquina. La forma de almacenar toda esta

información se logra por medio de almacenamiento de las hojas de trabajo de las actividades que ya se han realizado en los equipos, así como también, las observaciones que se lograron determinar después de haber realizado las actividades de mantenimiento.

3.3. Capacitación al personal de mantenimiento

La capacitación para el personal de mantenimiento es de gran importancia, esto es debido a que por medio de estas actividades de capacitación el personal puede obtener el conocimiento necesario para aplicar cada una de las actividades de mantenimiento.

Tabla XII. Programa de capacitación

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN
<p>Descripción de capacitación de mantenimiento: Mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades que se realizan con el objetivo de conservar el estado o vida útil previniendo todo tipo de fallas en los equipos para el área de calderas y el área de lavandería del Hospital Regional de El Quiché. Los equipos que se abarcan son dos calderas industriales, dos bombas de suministro de agua, dos compresores, dos lavadoras industriales, una lavadora semi industrial, cuatro secadoras tipo pesado y todos los equipos y/o herramientas auxiliares para los equipos mencionados.</p>
<p>Objetivo: Proporcionar toda la información necesaria para que el personal de mantenimiento logre comprender de manera teórica, como también práctica los conocimientos en relación al mantenimiento preventivo y los equipos del área de calderas y de lavandería y por medio de ello llevar a cabo todas las actividades para prevenir todo tipo de fallas que puedan presentarse.</p>

Continuación de la tabla XII.

Metodología de capacitación:

La capacitación de mantenimiento para el personal del hospital se lleva a cabo por medio de pasos, los cuales son: el estudio de la información de cada equipo, determinación de fallas más frecuentes, criticidad de equipo, manipulación de equipos, solución de problemas, interpretación de cronogramas programados y actividades preventivas para cada equipo.

El personal debe de incorporarse a cada una de las actividades programadas. El personal de mantenimiento contará con el manual de usuario del plan de mantenimiento preventivo para realizar el uso correspondiente para mayor información de las actividades.

Procedimiento:

PASO 1, estudio de la información de cada equipo: realizar charlas informativas en relación a mantenimiento, mantenimiento preventivo y el proceso de operación de cada uno de los equipos.

PASO 2, determinación de fallas más frecuentes: que el personal de mantenimiento sea capaz de determinar las fallas más frecuentes por medio del análisis del historial de mantenimiento.

PASO 3, criticidad de equipos: que el personal de mantenimiento sea capaz de estudiar e interpretar la matriz de criticidad y de esta manera determinar el estado crítico de cada uno de los equipos.

PASO 4, manipulación de equipos: cada uno de los operarios sea capaz de manipular de manera correcta los equipos al momento de realizar inspecciones y actividades de mantenimiento, ya sean correctivas o preventivas.

PASO 5, solución de problemas: todo el personal de mantenimiento posea los conocimientos adecuados para la resolución de problemas, fallas existentes y anomalías que existan en los equipos auxiliares de los equipos.

PASO 6, interpretación de cronogramas programados: que el personal sea capaz de interpretar los programas de mantenimiento programados proporcionados para llevar a cabo de manera eficiente cada una de las actividades.

PASO 7, actividades preventivas para cada equipo: el personal de mantenimiento, por medio de los cronogramas de mantenimiento conozca y aplique las actividades de mantenimiento estipuladas para cada equipo en el rango de tiempo requeridas para la prevención de fallas.

Continuación de la tabla XII.

<p>Recursos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Equipos correspondientes a cada área.- Bibliografía correspondiente a cada equipo.- Participación del personal.- Hojas de cálculo.- Cronogramas de mantenimiento.- Matriz de criticidad.

Fuente: elaboración propia.

El personal del área de mantenimiento, del área de calderas y del área de lavandería debe de contar con toda la información y capacitación que requiere el hecho de manipular los equipos.

Para el personal del área de calderas y el área de lavandería es de gran importancia contar con la información de cada uno de los equipos, esta información es: como opera el equipo, el estado crítico en el que se encuentra el equipo, inspecciones diarias de mantenimiento preventivo y el uso correspondiente y adecuado al momento de manipular los equipos.

Para el personal del área de mantenimiento de igual manera es de gran importancia conocer la información correspondiente al estado crítico de los equipos, su forma de operar y el uso de los mismo. Además de ello el área de mantenimiento debe de conocer y estar capacitado con las actividades preventivas de mantenimiento, ¿Cómo se hacen?, ¿Cuándo se hacen? y ¿Por qué se hacen?, la capacitación que debe de tener el personal de mantenimiento es práctica para realizar de manera eficiente cada una de las actividades que están programadas en el plan de mantenimiento preventivo.

La capacitación de personal es de beneficio para el hospital, ya que, al momento que el personal del mismo nosocomio conoce y sabe realizar todas las

actividades correspondientes a la preservación del estado y operación de los equipos del área de calderas y de lavandería, toda la mano de obra realizada dentro de las instalaciones del hospital sería mano de obra directa y de esta manera disminuir la mano de obra indirecta que representa un gasto económico mayor para el hospital.

3.4. Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento se refieren al conjunto de actividades de mantenimiento, las cuales, al momento de estar ciertas actividades agrupadas corresponden a un determinado objetivo, los tipos de mantenimiento que son de gran importancia conocer para el personal del hospital son: mantenimiento reactivo, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

Los tipos de mantenimiento y las actividades que se han establecido para el hospital se definen por medio de la curva P-F, la cual menciona el momento en que se deben de realizar los tipos de mantenimiento y sus actividades en relación al estado del equipo, la criticidad del equipo y las fallas que presentan los equipos. Los tipos de mantenimiento son los siguientes:

3.4.1. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento se refiere a aquel que cuenta con todas las actividades que tienen el objetivo de corregir todo tipo de fallas, por medio de procesos de sustitución de elementos, corrección de parámetros de los equipos, adición de nuevos elementos y, en el peor de los casos, sustitución del equipo completo.

Las actividades del mantenimiento correctivo empiezan desde el momento que la falla ya surgió y se tiene la tarea de localizar dicha falla, al momento de conocer la ubicación de la falla prosigue a buscar las técnicas, actividades y procesos de corrección para eliminar las fallas y recuperar la operación de los equipos.

3.4.2. Mantenimiento reactivo

El mantenimiento reactivo es aquel que permite que los equipos lleguen al punto de fallar ya que no cuenta con actividades preventivas de fallas, por lo tanto, este tipo de mantenimiento está directamente relacionado con el mantenimiento correctivo ya que sus actividades de mantenimiento son similares.

Por lo tanto, el mantenimiento reactivo a diferencia del mantenimiento correctivo este ya cuenta con un control de los equipos, sabiendo que estos llegarán a fallar, y al momento que estos llegan al punto, toma en práctica las actividades correctivas que corresponden al mantenimiento del mismo nombre.

3.4.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo, como su nombre lo define, es el que se encarga de establecer todo tipo de actividades con el objetivo de prevenir todo tipo de fallas en cada elemento de los equipos y de esta manera conservar la operación de los equipos sin necesidad de que estos lleguen al paro de producción y/o de operación.

La prevención de fallas va desde la inspección de parámetros hasta la sustitución de elementos de los equipos no tan complejos. Dichas actividades

están programadas con el objetivo de no alterar la operación de los equipos y no alterar el proceso al que forme parte el equipo.

3.4.4. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es el que está destinado al diagnóstico de posibles fallas que existen o que están empezando a surgir en los equipos. Estas actividades son las que están destinadas a determinar la salud de operación de los equipos, con frecuencia, estas actividades se llevan a cabo al momento que los equipos están en operación, esto se debe a que, se desea obtener información de estos pequeños fallos al momento que el equipo se encuentra en operación.

Las actividades del mantenimiento predictivo están directamente relacionadas con los ensayos no destructivos, ya que son estos ensayos los que permiten diagnosticar fallas que a simple vista no se pueden determinar, las actividades o ensayos no destructivos más comunes son: termografía, análisis de vibración, análisis de lubricantes y ultrasonido.

3.5. Interpretación de monitoreo de condición

El monitoreo de condición se refiere a todas las actividades realizadas con el fin de determinar la condición o el estado en el que se presentan los equipos al momento que estos están operando. Para llevar a cabo el monitoreo de condición se establece el estudio e inspección de parámetros que se pueden evaluar al momento que el equipo se encuentre en operación.

Las actividades del monitoreo de condición tienen como objetivo establecer y determinar la salud de cada equipo, los equipos del área de calderas y de

lavandería cuenta con parámetros que se pueden determinar por medio de inspecciones y procesos preventivos.

Al momento que los equipos de ambas áreas son sometidos a inspecciones de monitoreo de condición presenta una variedad de resultados que al momento de ser evaluados se logra determinar el estado de los equipos y por medio de ello es posible tomar decisiones y establecer las actividades de mantenimiento en relación a las actividades ya programadas en el plan de mantenimiento preventivo.

3.5.1. Base de datos y criticidad de equipos

Como forma de automatizar el mantenimiento se establece una base de datos con el fin de almacenar todo tipo de información proporcionada por los equipos al momento que se hacen las actividades tanto preventivas como correctivas al momento que ya ocurrió la falla. Por medio de esta base de datos es más factible el almacenamiento de información, ya que, por medio de ella se puede almacenar gran cantidad de información, de manera detallada y ordenada; el proceso de búsqueda de información se convierte en una tarea más sencilla por medio de esta base de datos.

Los datos de criticidad también son parte de información de cada uno de los equipos, por lo tanto, también forman parte de la base de datos para almacenar dicha información. Todos estos datos unidos aumentan la información de los equipos, ya con todos ellos se logra tener una completa expectativa de cómo es que se encuentran los equipos y como operan en las áreas de calderas y de lavandería.

3.6. Presentación de mejoras y avances

El diseño del plan de mantenimiento preventivo proporcionó una expectativa de los resultados, mejoras y avances esperados al momento que se implemente en las actividades de mantenimiento para cada uno de los equipos del área de calderas y de lavandería del hospital.

Las mejoras y avances esperados se establecieron por medio de un estudio de análisis de cada uno de los datos obtenidos antes de establecer las actividades de mantenimiento, así como también, los datos obtenidos que se esperan al momento de implementar cada una de las actividades.

Las mejoras y avances que se presentan al momento que se implemente el plan de mantenimiento preventivo proporciona una mayor confiabilidad en la operación de los equipos. Esto se debe a que se tiene un mejor conocimiento de la salud de los equipos, se tiene un mejor control de la operación de cada uno de ellos como también en conjunto, y las decisiones a tomar cada vez que se presenten fallas imprevistas.

3.7. Manual de usuario del mantenimiento preventivo para personal de mantenimiento

En el diseño del plan de mantenimiento preventivo se requiere de ciertos pasos a cumplir, los cuales inician en la realización de una matriz de criticidad, esta matriz de criticidad proporciona información la cual es fundamental para establecer las actividades de mantenimiento preventivo en relación al tiempo, para llevar a cabo estas actividades se requiere de hojas de trabajo, las cuales, en las cuales se agrega todo tipo de información tomados de los parámetros correspondientes a cada equipo.

El personal de mantenimiento es quien manipula tanto la matriz de criticidad, como también el plan de mantenimiento preventivo anual, el plan de mantenimiento preventivo por equipo y quien administra y archiva en la base de datos las hojas de trabajo para cada actividad correspondiente al plan de mantenimiento y al equipo.

La utilización de cada uno de los documentos presentados con anterioridad es de gran importancia ya que, el plan de mantenimiento puede estar bien establecido, pero si no se sabe utilizar y no se conoce el funcionamiento del mismo el plan de mantenimiento preventivo será ineficiente, por lo tanto, el manual de usuario es la solución para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo de la mejor manera posible.

3.7.1. Matriz de criticidad

El estudio de la criticidad de los equipos determina cuán crítico es el equipo al momento que este llegase a fallar, para ello, se requiere de la matriz de criticidad la cual es el diagrama que determina la jerarquización de los datos proporcionados por la hoja de cálculo para el estudio de la criticidad.

Por medio de los datos obtenidos por la hoja de cálculo de criticidad se logra completar el análisis de criticidad, esto es por medio de la matriz de criticidad, la cual establece dos valores principales, los cuales son: la frecuencia de ocurrencia y la severidad de la falla.

Los valores de la frecuencia de ocurrencia van de menor a mayor, siendo el menor el valor aceptable y el mayor es el inaceptable, los cuales se determinan de la siguiente manera: improbable, ocurrencia de una vez entre un año y cinco años: E; remoto, ocurrencia de una vez entre seis meses y un año: D; ocasional,

ocurrencia una vez entre un mes y seis meses: C; Frecuente, ocurrencia de una vez entre una semana y un mes: B; muy frecuente, una vez cada semana: A.

Los valores de severidad van de menor a mayor, siendo el menor el valor aceptable y el mayor es el inaceptable, los cuales se determinan de la siguiente manera: despreciable: V; marginal: IV; crítico: III; muy crítico: II; catastrófico: I. Con respecto a la severidad se determinaron las consecuencias que trae la falla en relación a la seguridad industrial, el efecto al medio ambiente, la operación de los procesos y los equipos e instalaciones.

Tabla XIII. Perfil de riesgo de matriz de criticidad

FRECUENCIA DE OCURRENCIA	A	Muy Frecuente 1 vez c/semana					
	B	Frecuente 1 vez entre 1 semana y 1 Mes				NO ACEPTABLE	
	C	Ocasional 1 vez entre 1 y 6 Meses					
	D	Remoto 1 vez entre 6 Meses y 1 Año	ACEPTABLE				
	E	Improbable 1 vez entre 1 y 5 Años					
SEVERIDAD			V DESPRECIABLE	IV MARGINAL	III CRITICO	II MUY CRITICO	I CATASTROFICO

Fuente: elaboración propia.

Por medio de los valores ya mencionados se puede determinar qué tan aceptable o que tan inaceptable es la falla que podría presentarse en cualquiera de los equipos del área de calderas y del área de lavandería. Además, se pueden determinar las causas que las fallas ocasionan en el hospital.

3.7.2. Cronograma de mantenimiento anual

El cronograma de mantenimiento anual para el área de caldera y de lavandería corresponde a los equipos a los que se les ha establecido actividades en ciertas fechas para el beneficio y conservación de la salud de los equipos, por medio de ello, aumentar la confiabilidad de operación de cada uno de los equipos.

El cronograma de mantenimiento anual ha sido establecido por medio del estudio de criticidad y por medio del estado actual en el que se encuentra cada uno de los equipos al momento de la realización del EPS. Por lo tanto, se han establecido actividades a realizar de manera diaria, semana, mensual, trimestral, semestral y anual con respecto lo requiera el equipo.

Tabla XIV. Cronograma de mantenimiento preventivo / programado

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL																																															
		HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ																																															
		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PROGRAMADO																																															
AREA	DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Calderas	Caldera #1																																																
Calderas	Caldera #2																																																
Calderas	Compresor #1																																																
Calderas	Compresor #2																																																
Calderas	Bomba #2																																																
Lavandería	Lavadora Industrial																																																
Lavandería	Lavadora Semi-Industrial																																																
Lavandería	Secadora Tipo Pesado #1																																																
Lavandería	Secadora Tipo Pesado #2																																																
Lavandería	Secadora Tipo Pesado #3																																																
Lavandería	Secadora Tipo Pesado #4																																																
Lavandería	Presas de planchado																																																

Fuente: elaboración propia.

El cronograma de mantenimiento anual consiste en una parte que corresponde a la programación de actividades para cada máquina, así como también, cuenta con una parte correspondiente a las actividades que se han realizado en tiempo real, conforme a la programación o si se ha sido necesario reprogramar dichas actividades.

3.7.3. Cronograma de mantenimiento por equipo

El cronograma de mantenimiento para cada equipo de las áreas de calderas y de lavandería establece cada una de las actividades de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos definidos por medio del tiempo, ya que, algunas actividades se realizan diariamente, semanalmente, mensualmente, trimestralmente, semestralmente y anualmente.

A diferencia del cronograma de mantenimiento anual, este cronograma tiene definidas cada una de las actividades a realizar, mientras que, el cronograma de mantenimiento anual define de manera general cuales son los equipos que requieren de actividades de mantenimiento.

La forma de utilización de este cronograma es de la siguiente manera: por medio del cronograma de mantenimiento anual se observa que equipos tiene programado actividades de mantenimiento a la fecha de trabajo, al momento de conocer estos equipos, el encargado del área de mantenimiento se dirige al cronograma de mantenimiento por equipo, y determina las actividades que están programadas para los equipos establecidos para la fecha de trabajo.

Tabla XVI. Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo para la caldera No. 1

 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CALDERAS Y LAVANDERÍA HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																															
		Registro mensual de Mantenimiento Preventivo																																															
No.	ACTIVIDAD	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Inspección de manómetro de aire comprimido																																																
2	Inspección de manómetro digital																																																
3	Inspección de válvula de seguridad																																																
4	Inspección de válvula de control																																																
5	Inspección y limpieza de manguera de boiler																																																
6	Inspección y limpieza de manguera de aire																																																
7	Inspección y limpieza de manguera de agua																																																
8	Inspección y limpieza de manguera de control																																																
9	Inspección de manómetro de combustible																																																
10	Inspección de manómetro de combustible																																																
11	Limpieza de filtro de combustible																																																
12	Inspección de válvula de aire																																																
13	Inspección de válvula de combustible																																																
14	Inspección de válvula de combustible																																																
15	Inspección de interruptor de bomba de combustible																																																
16	Inspección de válvula de combustible																																																
17	Limpieza de filtro de combustible																																																
18	Limpieza de cámara de combustión																																																
19	Limpieza de línea de distribución de vapor																																																
20	Limpieza de línea de distribución de agua																																																
21	Limpieza de línea de distribución de aire																																																

Fuente: elaboración propia.

3.7.4. Hojas de trabajo

Las hojas de trabajo están establecidas con el objetivo de llevar a cabo cada una de las actividades que están programadas en el cronograma de mantenimiento preventivo propuesta. Por medio de estas hojas de trabajo es posible exponer las actividades a realizar, el estado de cada uno de los componentes y el resultado observado al momento de realizar cada una de las actividades.

La operación de los equipos proporcionar cierta información, sin embargo, las fallas, las correcciones, las sustituciones de elementos y los parámetros de cada equipo son los factores que más información proporcionan, esto se debe a que cada una de ellas contiene información de gran importancia para el personal de mantenimiento, y es por medio de las hojas de trabajo que se pueden describir toda esta información y posterior a ellos analizar todos los datos obtenidos.

Por medio de las hojas de trabajo es posible generar un historial de todas las actividades de mantenimiento realizadas, ya que en estas es donde se obtiene todo tipo de información del estado de los equipos como también todas las actividades para mejorar el estado de operación de cada equipo. Por lo tanto, es de gran importancia para el hospital almacenar las hojas de trabajo utilizadas para contar con información que es de suma importancia para conocer y llevar un mejor control de los equipos.

Tabla XVII. Hoja de trabajo para las actividades de mantenimiento para la caldera No. 1

	ORDEN DE TRABAJO			
	HOSPITAL REGIONAL DE EL QUICHÉ			
DESCRIPCIÓN GENERAL				
Equipo	CALDERA 1, PIROTUBULAR			
Marca	CLEAVER BROOKS			
Fecha	_____			
Hora	_____			
Encargado	_____			
No.	Actividades a realizar	Tiempo Estimado (min)	Tiempo Real (min)	Actividad Realizada (V)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
Realizado por _____		Supervisado por _____		Aprobado por _____

Fuente: elaboración propia.

3.8. Pasos a seguir en el plan de mantenimiento preventivo

- Paso 1: definir el equipo o el conjunto de equipos a los que se les implementará el plan de mantenimiento.
- Paso 2: definir el objetivo principal del mantenimiento a los equipos seleccionados.
- Paso 3: determinar el estado actual de operación de los equipos por medio de inspecciones visuales, inspecciones de monitoreo y ensayos no destructivos que estén al alcance de la institución u organización.
- Paso 4: observar y analizar el historial de mantenimiento para determinar las fallas más frecuentes en cada uno de los equipos y los elementos que requieren de mayor atención ya que, requieren de sustitución de repuestos.
- Paso 5: determinar el estado crítico de los equipos por medio de una matriz de criticidad que contenga variables de importancia capaces de evaluar al equipo al momento que este llegue a fallar, en este caso son: impacto al medio ambiente, impacto a la calidad, impacto a la seguridad industrial, grado de mantenibilidad y equipos de reemplazo.
- Paso 6: por medio del estudio de criticidad de los equipos, determinar las actividades de mantenimiento con el objetivo de prevenir todo tipo de fallas al momento que estos operen.

- Paso 7: realizar el cronograma de actividades anuales de mantenimiento en general de los equipos y realizar un cronograma de actividades de mantenimiento por equipo señaladas específicamente.
- Paso 8: designar al personal para realizar todo tipo de actividades de mantenimiento. Tomando en cuenta que el personal debe de estar capacitado en la materia para que las actividades y rutinas de mantenimiento se lleven a cabo de la mejor manera posible.
- Paso 9: llevar a cabo las actividades programadas anualmente en el cronograma de actividades mantenimiento en general y las actividades programadas para cada equipo en específico.
- Paso 10: llevar control de los equipos por medio de hojas u ordenes de trabajo, recaudando todo tipo de información, datos y variables que son de gran importancia para conocer más a fondo al equipo y la forma de operación actualmente.
- Paso 11: tener el control de un almacén de repuestos, en el cual se encuentre aquellos repuestos que se requieren con mayor frecuencia para sustituir elementos y piezas de los equipos para una correcta y eficiente operación.

CONCLUSIONES

1. En el inicio del ejercicio profesional supervisado se determinó el estado de los equipos del área de calderas y de lavandería por medio de inspecciones de condición, asimismo, por medio de la matriz de criticidad se determinó que tan crítico es el equipo al momento que estos llegasen a fallar y la forma en que alteraría a las actividades del hospital las fallas presentes. Se determinó que los equipos no cuentan con actividades programadas de mantenimiento con el fin de prevenir fallas, sino que se realizaban procesos correctivos cuando existía alguna anomalía en los equipos. Sin embargo, los equipos a los que si se le programaban actividades de mantenimiento preventivo en un determinado rango de tiempo son las calderas.
2. El área de mantenimiento no contaba con una bitácora de actividades para los equipos, por lo tanto se determinó historial para los equipos del área de calderas y de lavandería, por lo que se estableció un almacenamiento de hojas de trabajo con el fin de poseer información de cada uno de los equipos.
3. Partiendo del historial de mantenimiento establecido es posible definir actividades de monitoreos de condición con el objetivo de determinar las causas de las fallas o, en el mejor de los casos, determinar posibles fallas que están empezando a surgir en los elementos de los equipos.
4. Para cada uno de los equipos se recaudó información en relación a su operación en el área al que corresponde cada uno de ellos, por medio de

toda esa información se elaboró un plan de mantenimiento programa y se definieron rutinas de mantenimiento preventivo para cada equipo del área de calderas y de lavandería, todas estas actividades se establecieron en razón al estado en el que operan los equipos al momento del Ejercicio Profesional Supervisado.

5. Por medio hojas de cálculo se diseñó un formato con el objetivo de determinar el estado crítico en el que se encuentra en la actualidad los equipos, en la cual se toman en cuenta los factores que rodean a los equipos, los cuales son: la seguridad industrial, incidencia a la calidad, incidencia al medio ambiente, incidencia a la producción y el grado mantenibilidad.
6. Este trabajo de graduación cuenta con toda la información correspondiente a cada uno de los equipos, así como también, con todas las consideraciones a tomar en cuenta en cada uno de ellos, por lo que por medio del presente es posible tomar decisiones en relación a los equipos y llevar a cabo las correspondientes actividades de mantenimiento preventivo.

RECOMENDACIONES

1. Considerar mayor importancia a la operación de los equipos que están presentes tanto en el departamento de mantenimiento como en todos los demás servicios del hospital.
2. Tomar atención a las calderas, ya que son los equipos con mayor importancia en el hospital, por lo tanto, se requiere cumplir con las rutinas de mantenimiento para prevenir fallas, las cuales provocan fallas hasta el punto de parar su operación; el hospital no debe permitir todo tipo de fallas en estos equipos que son de suma importancia.
3. Considerar la cantidad de combustible en la mezcla de aire – combustible para una correcta combustión en las calderas y de esta manera prevenir fallos en la combustión de las mismas y no afectar en las actividades de los otros servicios.
4. Realizar tratamientos de aguas con el fin de suavizarla y prevenir la creación de grumos y sarro en los elementos de las calderas, de la cual puede ser la cámara de agua de las mismas, así también, todo tipo de tubería entre las bombas y las calderas y tubería en general del agua.
5. Contar con los elementos correspondientes para que los equipos funcionen correctamente, sin dejar a un lado los elementos exteriores o también llamados carcasas para prevenir fallas por factores externos a la operación de los equipos.

6. Llevar control del sistema eléctrico de las lavadoras de marca Milnor, ya que son la causa principal de paros de operación de las mismas y no lo son por elementos mecánicos de las mismas.
7. Velar por la presión que requiere tanto las lavadoras y las calderas y realizar el estudio correspondiente con el fin de que en todo momento se cuente con la presión óptima y no alterar el funcionamiento de los equipos. Si así lo requieren los equipos realizar cambio entre los compresores ya que el de alta capacidad está instalado para las calderas, las cuales requieren una menor presión de aire comprimido, y el compresor de baja capacidad está instalado para las lavadoras, las cuales requieren una mayor presión de aire comprimido.
8. Prestar atención al aislamiento de redes de distribución de vapor, ya que por falta de aislamiento en dichas redes de distribución se condensa el vapor provocando golpe de ariete en las mismas las cuales pueden llegar a ser problemáticos con el pasar del tiempo dañando la tubería.
9. Contar con una eficiente instalación de manómetros en las calderas, a la salida de los compresores y a la entrada de las lavadoras, ya que la presión es una variable de gran importancia en la operación de los equipos que requieren aire comprimido.
10. Realizar estudios en la temperatura de distribución del combustible de las calderas ya que problemas en la temperatura de dicho combustible es problemático ya que si es muy baja la temperatura la distribución puede ser baja, por lo tanto, si es alta la temperatura la distribución es alta y ambos casos la combustión se ineficiente en la cámara de combustión de las calderas.

11. Corregir fugas de combustible existentes en las redes de distribución, en especial, en el eje de las bombas de distribución hacia las calderas.
12. Realizar de manera periódica y frecuente los procesos de purga de condensado de vapor en las redes de distribución de las secadoras, ya que es el problema principal de que no se produzca el secado en la lencería hospitalaria.
13. Llevar a cabo monitoreos de temperatura de los gases de combustión de las calderas, ya que, por medio de este indicador es posible conocer el estado de operación de la combustión de las mismas.
14. Establecer un proceso de retorno de vapor para el condensado almacenado para una mejor eficiencia en la generación de vapor, sin necesidad de producir mucha combustión de bunker, generando un ahorro en dicho combustible.
15. Establecer un tratamiento de agua, la cual se llama suavización del agua del pozo, de esta manera eliminar todo tipo de sedimentos minimizando el nivel de acidez del agua para una mayor eficiencia en la evaporación de la misma y no provocar problemas por obstrucciones en las tuberías y en la cámara de agua de las calderas. Asimismo, disminuir los tratamientos de agua por cloro, lo cual genera corrosión por picadura en la tubería ocasionando severos problemas en las redes de distribución del agua.
16. Tomar en cuenta que las actividades de mantenimiento predictivos son técnicas, en general, técnicas de ensayos no destructivos, que por medio de ellas es posible conocer de mejor manera cada uno de los equipos y su operación.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA, Peter. *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para equipos biomédicos de emergencia y áreas críticas de un hospital de la región Lambayeque*. Perú. Universidad César Vallejo, Departamento Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2015. 221 p.
2. CASTILLO, Tony. *Gestión de mantenimiento de la red hospitalaria del estado Anzoátegui, caso: Hospital Universitario*. México. Ciencia Ergo Sum, 2011. 163 p.
3. FONG, Rigoberto. *Análisis de organización para el mantenimiento de los servicios generales en el hospital nacional de Cuilapa*. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 60 p.
4. LARIOS, Hugo. *Diseño de plan de mantenimiento preventivo del área de calderas del Hospital Nacional Santa Elena de Santa Cruz del Quiché, Quiché*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 173 p.
5. DE LEÓN, Manuel. *Propuesta de mantenimiento de calderas e implementación de señalización de seguridad para sala de máquinas de Hospital Nacional de Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 274 p.

6. TANDALLA, Diego. *Análisis de criticidad de equipos para el mejoramiento del sistema de gestión del mantenimiento en la empresa de aluminios Cedal*. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2017. 136 p.
7. TANQUEÑO, Jorge. *Diseño de plan de mantenimiento preventivo planificado para los equipos de la casa de máquinas del hospital general docente Riobamba*. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2012. 81 p.
8. VARGAS, Vilma. *Indicadores de gestión hospitalaria*. Venezuela: Revista de ciencias sociales, 2007. 12 p.