



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

**PLAN DE CONSERVACION Y PRUEBAS ANUALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS
DE PLANTAS LAS PALMAS I Y PALMAS II DE LA EMPRESA ORAZUL ENERGY
GUATEMALA, ESCUINTLA**

Luis Armando Escobar Jauregui

Asesorado por el Msc. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, agosto de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE CONSERVACION Y PRUEBAS ANUALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS
DE PLANTAS LAS PALMAS I Y PALMAS II DE LA EMPRESA ORAZUL ENERGY
GUATEMALA, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ARMANDO ESCOBAR JAUREGUI

ASESORADO POR EL MSC. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECANICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León bran
VOCAL IV	Ing. 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

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzman Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Chicojay
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

**PLAN DE CONSERVACION Y PRUEBAS ANUALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS
DE PLANTAS LAS PALMAS I Y PALMAS II DE LA EMPRESA ORAZUL ENERGY
GUATEMALA, ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 09 de abril de 2019.

Luis Armando Escobar Jauregui

Guatemala, 26 de agosto de 2020
REF.EPS.DOC.295.08.2020.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero 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 **Luis Armando Escobar Jauregui** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 8411194, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PLAN DE CONSERVACIÓN Y PRUEBAS ANUALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE PLANTAS LAS PALMAS I Y LAS PALMAS II DE LA EMRESA ORAZUL ENERGY GUATEMALA, ESCUINTLA**

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. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
EDSZ/ra



Guatemala, 26 de agosto de 2020
REF.EPS.D.124.08.2020

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: **PLAN DE CONSERVACIÓN Y PRUEBAS ANUALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE PLANTAS LAS PALMAS I Y LAS PALMAS II DE LA EMRESA ORAZUL ENERGY GUATEMALA, ESCUINTLA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Armando Escobar Jauregui** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.179.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: **PLAN DE CONSERVACION Y PRUEBAS ANUALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE PLANTAS LAS PALMAS I Y PALMAS II DE LA EMPRESA ORAZUL ENERGY GUATEMALA, ESCUINTLA**, presentado por: **Luis Armando Escobar Jauregui**, 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

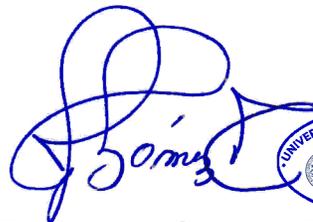
Guatemala, agosto de 2023

LNG.DECANATO.OI.603.2023



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE CONSERVACION Y PRUEBAS ANUALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE PLANTAS LAS PALMAS I Y PALMAS II DE LA EMPRESA ORAZUL ENERGY GUATEMALA, ESCUINTLA**, presentado por: **Luis Armando Escobar Jauregui**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, agosto de 2023

AACE/gaac

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser lo más esencial en mi vida y darme todo lo que tengo.
Mis padres	Oscar Armando Escobar (QEPD) y Carmen Clemencia Jauregui, por todo el amor brindado.
Mi esposa	Ruth Solorzano de Escobar por ser un importante y valioso apoyo, y haber compartido tanto.
Mis hijos	Luis Eduardo y María Isabel, las más grandes bendiciones en mi vida.
Mis hermanos	Lourdes Maribel y Oscar Renato por estar siempre cuando los he necesitado.
Mi familia	Por compartir tantos momentos maravillosos y el amor que me han dado.
Mi abuelita materna	María Luisa, Quien me dio todo el amor del mundo. (QEPD).
Mi amigo	Leonel, quien siempre fue un gran apoyo, Por estar en los momentos justos. (QEPD).

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Entidad que me permitió preparar y desarrollar profesionalmente para enfrentar los retos de la vida.
Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos adquiridos, completar mi carrera, haber encontrado muy buenos amigos y ser un lugar tan especial.
Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda	Por el valioso apoyo y la asesoría brindados para la culminación de mi carrera.
Mis amigos de la Facultad	Del grupo TM, por todos los buenos momentos que compartimos a lo largo de todos estos años.
Mis amigos	Que me han demostrado a lo largo de todos estos años lo que significa la amistad verdadera.
Planta Las Palmas II	Por haber permitido culminar mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes de la empresa	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Visión de la empresa	2
1.1.3. Misión de la empresa.....	2
1.2. Formas de generación de energía.....	2
1.2.1. Planta Las Palmas I, descripción	2
1.2.2. Planta Las Palmas II, descripción.....	2
1.3. Descripción general del proceso de generación eléctrica mediante la combustión de un combustible fósil (bunker C).....	3
1.3.1. Acondicionamiento del combustible para uso en los motores de combustión interna	4
1.3.2. Operación de un motor de combustión interna y sus sistemas auxiliares	6
1.4. Descripción general del proceso de generación eléctrica mediante la combustión del carbón	8
1.4.1. Fundamentos de la generación de vapor	8

1.4.2.	Funcionamiento de una caldera y sus sistemas auxiliares	8
1.4.3.	Acondicionamiento del carbón mineral.....	9
1.5.	Sistemas contra incendios	12
1.6.	Descripción de un sistema contra incendios confiable	12
1.7.	Elementos básicos que lo componen.....	13
1.7.1.	Medidas de protección pasiva	14
1.7.2.	Medidas de protección activa	16
1.7.2.1.	Medidas de detección de incendios	16
1.7.2.2.	Medidas de extinción de incendios.....	17
2.	DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE LAS PLANTAS.....	19
2.1.	Sistema contra incendio de Planta Las Palmas I	19
2.1.1.	Tanque de agua industrial	19
2.1.2.	Bombas	19
2.1.3.	Hidrantes.....	20
2.1.4.	Gabinetes para hidrantes y mangueras	21
2.1.5.	Mangueras y pitones	21
2.1.6.	Detectores de humo	22
2.1.7.	Cajas manuales de alarma.....	23
2.1.8.	Sirenas electromecánicas	23
2.1.9.	Paneles eléctricos de control.....	23
2.1.10.	Tuberías y accesorios en general	24
2.1.11.	Estación de bombas.....	24
2.1.12.	Áreas y equipos de mayor riesgo	26
2.2.	Sistema contra incendios de Palmas II	28
2.2.1.	Tanque de agua contra incendios	28
2.2.2.	Bombas	28
2.2.3.	Hidrantes.....	30

2.2.4.	Gabinetes para mangueras	32
2.2.5.	Mangueras y pitones	33
2.2.6.	Detectores de humo	34
2.2.7.	Estaciones manuales de halar.....	34
2.2.8.	Paneles eléctricos de control	35
2.2.9.	Tubería y accesorios en general.....	36
2.2.10.	Sprinklers.....	36
2.2.11.	Estación de bombas	39
2.2.12.	Válvulas varias.....	40
2.2.13.	Áreas y equipos de mayor riesgo	41
2.3.	Ahorro energético en el sistema	42
3.	PLAN DE CONSERVACIÓN A LOS SISTEMAS CONTRA INCENDIOS DE PALMAS I Y PALMAS II	45
3.1.	Descripción del plan	45
3.2.	Fichas técnicas de los equipos.....	47
3.2.1.	Bombas	48
3.2.2.	Tanques de agua de almacenamiento.....	54
3.2.3.	Hidrantes	55
3.2.4.	Gabinetes para mangueras	55
3.2.5.	Mangueras y pitones	56
3.2.6.	Detectores de humo	57
3.2.7.	Sirenas electromecánicas.....	57
3.2.8.	Paneles eléctricos de control	58
3.2.9.	Estaciones manuales de halar.....	58
3.2.10.	Sprinklers.....	59
3.3.	Mantenimiento preventivo propuesto a los equipos.....	59
3.3.1.	Motores eléctricos.....	59
3.3.2.	Motor de combustión interna	60

3.3.3.	Bombas	69
3.3.3.1.	Bomba Jockey	69
3.3.3.2.	Bomba eléctrica.....	72
3.3.3.3.	Hidrantes	77
3.3.3.4.	Mangueras y pitones	81
3.3.3.5.	Detectores de humo	83
3.3.3.6.	Alarmas electromecánicas	83
3.3.3.7.	Sprinklers	84
3.3.3.8.	Paneles eléctricos de control.....	85
3.3.3.9.	Tuberías y accesorios en general	86
3.3.3.10.	Estación de bombas.....	87
3.3.4.	Mantenimiento correctivo a los equipos	88
3.3.4.1.	Descripción general.....	88
3.3.5.	Ahorro energético en las bombas.....	89
3.4.	Formatos propuestos para registrar el mantenimiento realizado.....	93
3.4.1.	Instrucciones de seguridad.....	94
3.4.2.	Indicadores para realizar los mantenimientos	97
3.5.	Pruebas del sistema contra incendios para medir su eficiencia	103
3.5.1.	Planificación de las pruebas.....	105
3.5.1.1.	Pruebas semanales.....	105
3.5.1.2.	Pruebas anuales	108
3.5.2.	Resultados de las pruebas	112
3.5.3.	Formatos para registrar las pruebas	113
4.	FASE DE DOCENCIA.....	115
4.1.	Presentación de la propuesta del plan de conservación de los equipos	115

4.2.	Planificar cursos de tal manera que los colaboradores de la planta conozcan los alcances del presenta plan de conservación de los equipos del sistema	116
4.3.	Planificar presentación para dar a conocer las pruebas y formatos propuestos de las pruebas de eficiencia de los sistemas	124
CONCLUSIONES		127
RECOMENDACIONES		129
BIBLIOGRAFÍA		131
APÉNDICES		135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema del motor Wartsila con su generador	3
2.	Diagrama principal de flujo del combustible Bunker.....	5
3.	Diagrama de aceite lubricante de Las Palmas I	6
4.	Diagrama del proceso de carbón mineral en Planta Las Palmas II	10
5.	Diagrama de la ceniza producida por las calderas de Planta Las Palmas II	11
6.	Medidas de protección pasiva	15
7.	Medidas de protección activa detector de humo y <i>sprinklers</i>	17
8.	Mangueras contra incendio	18
9.	Hidrante con su válvula de corte	20
10.	Gabinete contra incendios.....	21
11.	Mangueras y pitones	22
12.	Estación de bombas de Planta Las Palmas I	25
13.	Caseta de bombas contra incendios Planta Las Palmas I	26
14.	Serpentines de vapor con fuga	27
15.	Bombas del sistema contra incendio de Palmas II	30
16.	Hidrante No. 1 de Planta Las Palmas II	31
17.	Hidrante en Palmas II. Ver la válvula de aislamiento cambiada.....	32
18.	Gabinete de un hidrante con manguera y accesorios	33
19.	Detector de humo.....	34
20.	Estación para jalar.....	35
21.	<i>Sprinkler</i> con una viga al lado	38
22.	Caseta de bombas contra incendios	39

23.	Válvula de 12" de diámetro en el tanque contra incendios, con fuga en el estopero	40
24.	Pistolas para medir temperatura en el carbón	41
25.	Tensión de fajas del motor.....	64
26.	Inyector del motor Diesel	66
27.	Líquido refrigerante para el radiador del motor	68
28.	Panel de control del motor de combustión interna	68
29.	Bomba Jockey	70
30.	Esquema de los empaques del eje de la bomba	73
31.	Vista del eje de la bomba con 4 anillos de empaques	75
32.	Alineamiento lateral y angular del acople de la bomba centrífuga	76
33.	Hidrante de columna seca	78
34.	Hidrante de columna húmeda.....	79
35.	Hidrantes de Plantas Las Palmas I y Palmas II respectivamente	81
36.	Alarmas electromecánicas.....	84
37.	Panel eléctrico de control.....	86
38.	Presostatos de arranque y paro de bombas	90
39.	Presostato mecánico	91
40.	Presostato electrónico	92
41.	Manómetro indicando presión de bombas.....	93
42.	Cabezal de pruebas para Planta Las Palmas I.....	110
43.	Cabezal de válvulas para pruebas de eficiencia.....	111

TABLAS

I.	Bombas del sistema contra incendio, Planta Las Palmas I.....	20
II.	Arranque y paro de bombas contra incendios de Planta Las Palmas II.....	29
III.	Clasificación estándar de temperatura para los <i>sprinkler</i>	38

IV.	Especificaciones de bomba Jockey 1 de Planta Las Palmas I.....	48
V.	Especificaciones de bomba eléctrica de Planta Las Palmas I.....	49
VI.	Especificaciones de bomba Diesel de Planta Las Palmas I.....	50
VII.	Especificaciones de bomba Jockey de Planta Las Palmas 2.....	51
VIII.	Especificaciones de bomba eléctrica de Planta Las Palmas II.....	52
IX.	Especificaciones de bomba 3 Diesel, Planta Las Palmas II.....	53
X.	Tanque de agua de almacenamiento de Palmas I.....	54
XI.	Tanque de agua de almacenamiento de Palmas II.....	54
XII.	Hidrante.....	55
XIII.	Gabinete para mangueras.....	55
XIV.	Manguera contra incendio.....	56
XV.	Pitón.....	56
XVI.	Detector de humo.....	57
XVII.	Sirena electromecánica.....	57
XVIII.	Panel eléctrico de control.....	58
XIX.	Estación manual de alarma.....	58
XX.	<i>Sprinkler</i>	59
XXI.	Cuadro de mantenimiento del motor Diesel.....	60
XXII.	Problemas, posibles causas y soluciones de bomba Jockey.....	71
XXIII.	Mantenimientos planificados a hidrantes.....	80

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HT	<i>High Temperature</i> , (Alta temperatura) es mencionado en la Planta Las Palmas I.
LT	<i>Low Temperature</i> (baja temperatura), se menciona en la Planta Las Palmas I.
	National Fire Protection Association. Es la organización de seguridad humana y protección contra incendios más reconocida en el mundo.
6L46	Se refiere a un motor de combustión interna marca Wartsila de 6 cilindros en línea con 46" de diámetro en sus pistones.
18V46	Se refiere a un motor de combustión interna marca Wartsila de 18 cilindros en V con 46" de diámetro en sus pistones.

GLOSARIO

Acuatubular	Se denomina así a las calderas que operan con el agua dentro de los tubos y cabezales.
Cabezales de vapor	Son de diámetro mayor que las tuberías y sirven para recolectar y transportar vapor.
Caldera	Recipiente metálico cerrado con tuberías y quemadores utilizado para calentar y evaporar agua.
Carboeléctrica	Es una Planta generadora de energía eléctrica, que utiliza carbón mineral para generar vapor.
Carbón mineral	Es un mineral utilizado en calderas para poder quemarlo y producir vapor. Es una roca sedimentaria, de color negro, muy rica en carbono.
Eductor	Es un tipo de eyector que funciona como una bomba de chorro de fluido o Bomba Venturi formado por un expansor, una cámara de aspiración y de un difusor.
Formato	Se refiere al estándar que define la forma en que debe ser recopilada la información de un proceso o sistema.
HFO	<i>Heavy Fuel Oil</i> , que es el combustible bunker C.

Hidrante	Es un equipo que suministra gran cantidad de agua en poco tiempo. Permite la conexión de mangueras y equipos de lucha contra incendios.
LFO	<i>Light Fuel Oil</i> , es el combustible Diesel.
Orden de trabajo	Es un documento por escrito, que se entrega al encargado de realizar un trabajo, la cual contiene las firmas y nombres de los que emiten y reciben este, así como la descripción del trabajo y planes de trabajo, una vez ejecutadas, debe ser archivada en su lugar respectivo.
Pila de carbón	Es un nombre común para los almacenes de carbón.
Piro-tubulares	Son las calderas que funcionan con el flujo de gases calientes dentro de los tubos y el agua por el exterior.
Pulverizador	Maquina rotativa utilizada para moler y calentar el carbón, previo a quemarse en la caldera.
Quemador	Encargados de quemar el combustible en las calderas.
Registro	Se refiere a un formato con todos sus datos recopilados en un intervalo de tiempo dado, después de haber sucedido una operación de un sistema.

Separadora	Maquina encargada de separar los sólidos de los líquidos.
Serpentín	Tubería dispuesta de tal forma que se utiliza para hacer intercambio de calor entre dos fluidos.
Solicitud de servicio	Es un documento que se realiza para reportar una falla o avería en un equipo determinado.
<i>Sprinkler</i>	Rociadores automáticos utilizados para extinguir incendios.
Termoeléctrica	Es una planta de generación eléctrica que opera a base de combustibles fósiles.
Turbogenerador	Es el conjunto formado por el generador eléctrico y la turbina de vapor.

RESUMEN

Todas las industrias actualmente deben contar con un sistema contra incendios confiable y eficiente. Esto hace que tanto las instalaciones y personal desarrollen su trabajo de manera segura y confiada. Para poder contar con un sistema así debe haber un plan de conservación que permita dar confianza y seguridad en el momento de ser requerido.

En las Plantas Las Palmas I y Palmas II cuentan con sistemas separados y sus elementos son prácticamente los mismos, los cuales se listan y se detallan por separado, para identificarlos. Es importante hacer notar que la forma de operación es diferente referente a la forma de la generación de energía eléctrica, lo que hace la diferencia en algunos elementos que conforman estos sistemas.

Se cuenta con elementos de detección de humos, que pueden ser conatos de incendios y de extinción de incendios como lo son los *sprinkler* ubicados en las distintas instalaciones de la planta, así como los hidrantes donde se pueden conectar las mangueras y poder atacar cualquier incendio que pudiera ocurrir.

Es importante hacer notar que tanto las revisiones periódicas y los mantenimientos planificados y ejecutados en estos sistemas van a proporcionar un respaldo para evitar daños personales y materiales en las instalaciones.

También se incluye el procedimiento para realizar las pruebas de eficiencia de los sistemas, para poder demostrar que estos sistemas funcionan de la mejor manera.

OBJETIVOS

General

Proporcionar una herramienta para facilitar y llevar el control de la conservación del sistema contra incendios en las plantas Las Palmas I y Planta Las Palmas II.

Específicos

1. Conocer los sistemas contra incendios y sus equipos de control.
2. Identificar la manera del funcionamiento de varios elementos, entre los que están los detectores y las alarmas del sistema.
3. Dar a conocer la manera en cómo interactúan todos los equipos y los procesos que están involucrados en este sistema y su función.
4. Evidenciar la manera en que se deben realizar todos los procedimientos para poder conservar los distintos equipos de este sistema.
5. Identificar los equipos más críticos a conservar para que su funcionamiento sea eficiente.

INTRODUCCIÓN

Aunque en muchas industrias no se le prestaba la atención adecuada a contar con un eficiente Sistema Contra incendios, hoy en día es más común ver estos sistemas funcionando, pues se ha comprobado la importancia de estos y su ausencia ha causado muchas pérdidas de todo tipo.

Las plantas de generación de energía eléctrica como muchas otras industrias tienen procesos donde un pequeño descuido puede ser lamentable en pérdidas parciales o totales de cualquier tipo.

En pruebas realizadas en las plantas Las Palmas I y Palmas II se han encontrado equipos dañados en inspecciones rutinarias, lo que comprobó que el mantenimiento no estaba siendo el adecuado, por lo que se procede a revisar todo el sistema y sus procedimientos para verificar las posibles fallas y encontrar oportunidades de mejora en los sistemas.

Se realizó una revisión a todos los equipos involucrados en los sistemas y se propone una rutina junto con formatos para su registro respectivo y sus posteriores consultas acerca de los mismos, así como las pruebas de eficiencia necesarias que se deben realizar de manera periódica para demostrar la efectividad de estos sistemas.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes de la empresa

1.1.1. Reseña histórica

Orazul Energy es una empresa transnacional con presencia en varios países de Latinoamérica dedicada a la generación de energía eléctrica para lo cual utiliza diferentes tipos de plantas. Cuenta con plantas de generación en Guatemala, El Salvador, Ecuador, y Chile. En Guatemala inició operaciones en el año 2017 cuando compró los activos de Duke Energy Guatemala.

Actualmente cuenta con cuatro plantas de generación en Guatemala que son las siguientes:

- Planta Laguna, Termoeléctrica ubicada en Amatitlán
- Planta Las Palmas I, Termoeléctrica ubicada en Escuintla
- Planta Las Palmas II, Carboeléctrica ubicada en Escuintla
- Planta Arizona, Termoeléctrica ubicada en Escuintla

Sus oficinas centrales están ubicadas en la 5ta. Avenida 5-55 Zona 14, *Europalaza World Business Center*, Torre III, Nivel 12, Guatemala. Las Palmas I inició operaciones en el año 2000. Las Palmas II inició operaciones en el año 2010.

1.1.2. Visión de la empresa

“Ser una empresa de energía de primer nivel en América Latina.”¹

1.1.3. Misión de la empresa

“Nuestro objetivo principal es la creación de valor sostenible para nuestros grupos de interés, ofreciendo soluciones energéticas innovadoras que apliquen las mejores prácticas de la industria y garanticen el bienestar de nuestros empleados, medio ambiente y las comunidades a las que tendemos.”²

1.2. Formas de generación de energía

1.2.1. Planta Las Palmas I, descripción

Es una planta que opera con cinco motores de combustión interna, marca *Wartsila*, utiliza Bunker C como combustible para su funcionamiento. Son Cuatro motores con una capacidad de 15 MW modelo 18V46 y un motor de 5 MW modelo 6L46.

1.2.2. Planta Las Palmas II, descripción

Cuenta con cuatro calderas acuatubulares, con capacidad de producción de 185,000 lbs/hr de vapor sobrecalentado a 1 450 psig y 975 °F. Cada caldera cuenta con cuatro quemadores que inician su funcionamiento con Combustible Diesel a temperatura ambiente y luego de cumplir con ciertos requerimientos los

¹ Orazul Energy. *Manual de funciones*. p. 8.

² *Ibíd.*

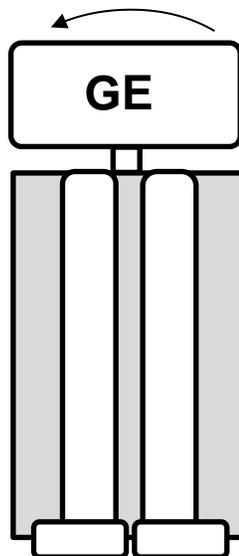
valores de la caldera se inicia a quemar carbón pulverizado que ha sido acondicionado para poder ser quemado en las calderas.

La planta cuenta también con dos turbogeneradores de 41.5 MW cada uno con un total de 83MW de capacidad de la planta. Las turbinas de vapor son alimentadas por un cabezal común de vapor que proviene de las cuatro calderas.

1.3. Descripción general del proceso de generación eléctrica mediante la combustión de un combustible fósil (bunker C)

Los motores de combustión interna tienen acoplado en el lado del volante un generador eléctrico que es el que se encarga de generar la energía eléctrica. En la figura 1 se puede apreciar la forma como funciona este sistema.

Figura 1. Esquema del motor Wartsila con su generador



Fuente: elaboración propia.

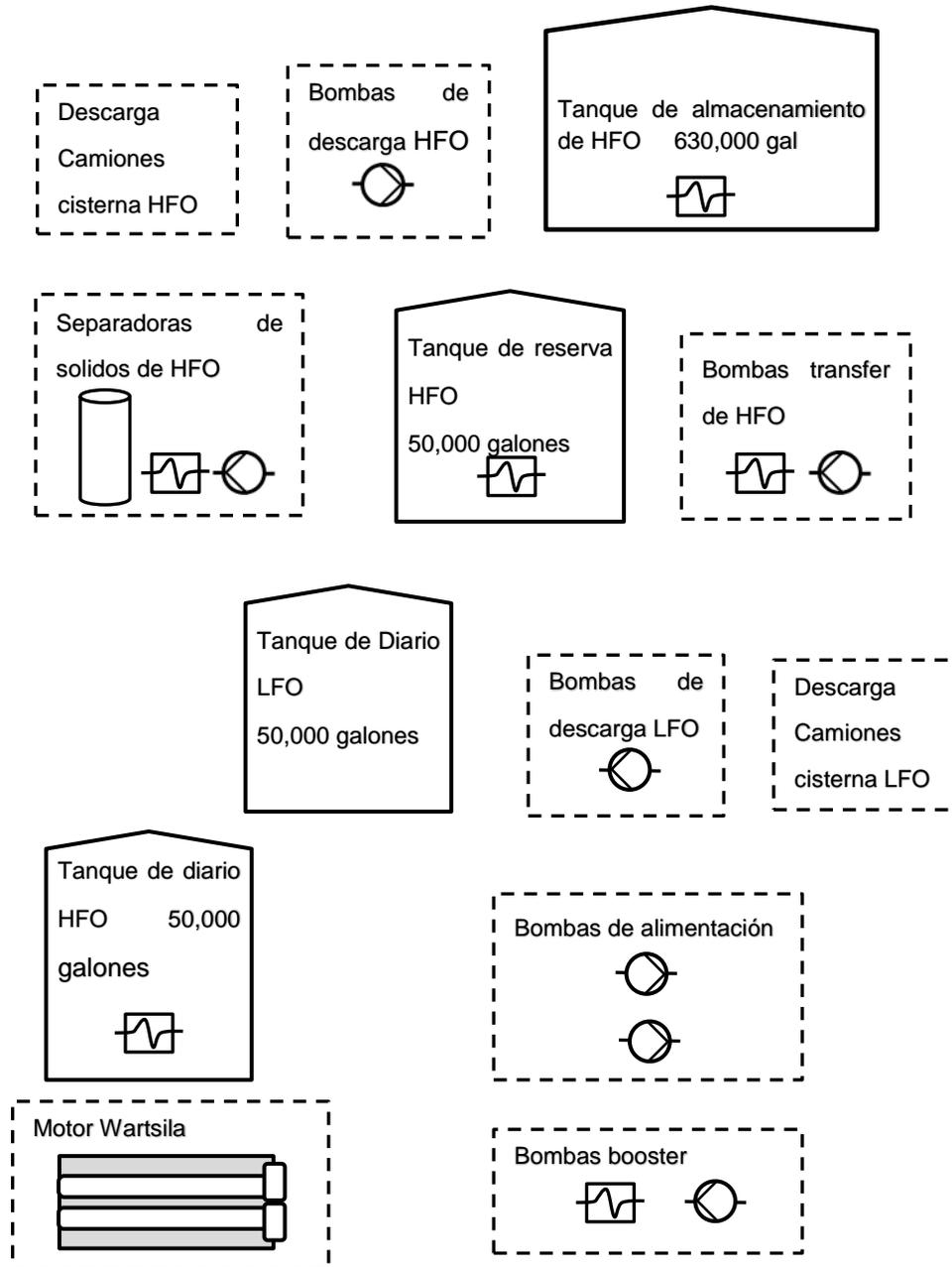
1.3.1. Acondicionamiento del combustible para uso en los motores de combustión interna

El Bunker C debe ser acondicionado para mejorar su calidad y temperatura para poder ser utilizado en la combustión de los motores. Para realizar esto, los camiones cisternas que llevan el combustible a la planta descargan el Bunker a un tanque de almacenamiento (*HFO Storage tank*), con una capacidad de 630,000 galones y tiene en su interior serpentines que utilizan vapor para mantener la temperatura promedio en 50°C.

Desde este tanque se traslada a otro más pequeño (*HFO Buffer tank*), con una capacidad de 50,000 galones, el cual cuenta también en su interior con serpentines de vapor, manteniendo la temperatura promedio en 60°C. Se utilizan Separadoras de combustible para limpiar y calentarlo y así hacer un mejor proceso de separación de líquidos y sólidos incrementando la temperatura del bunker a 98°C y luego se almacena en un tanque Diario (*HFO day tank*), con una capacidad de 50,000 galones a una temperatura promedio de 70°C donde queda listo para ser usado en la combustión de los motores.

Finalmente, el bunker antes de llegar al motor se le incrementa la temperatura con unos calentadores de serpentín en un rango entre 115 y 130°C. Ver figura 2.

Figura 2. Diagrama principal de flujo del combustible Bunker



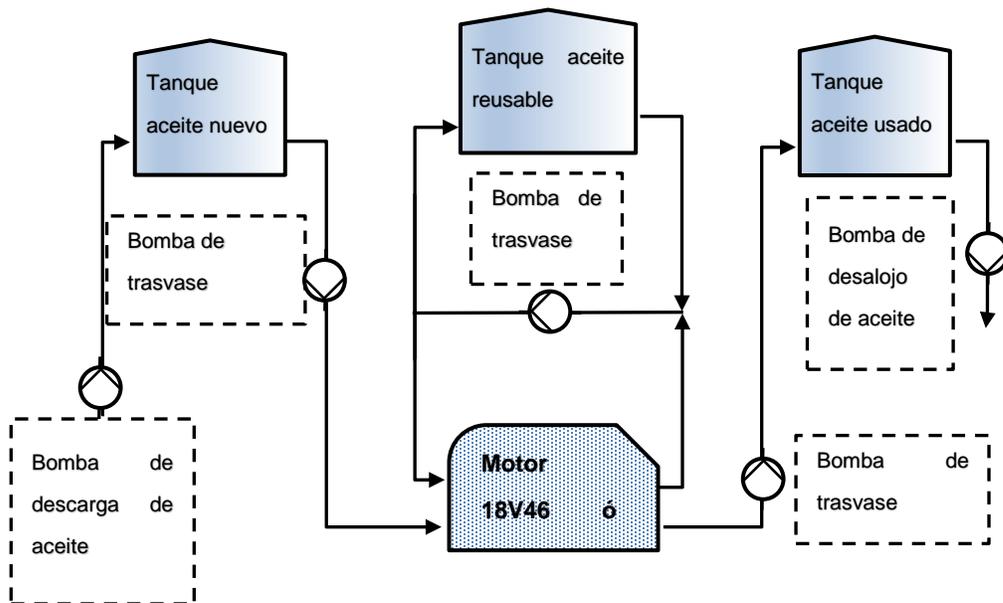
Fuente: elaboración propia.

Los motores utilizan un sistema de lubricación a cierta temperatura, ésta se incrementa cuando el motor está en operación y debe bajar cuando éste sale de servicio. La temperatura del lubricante se encuentra entre 65°C cuando están en operación y 55°C cuando estos salen de servicio.

1.3.2. Operación de un motor de combustión interna y sus sistemas auxiliares

El arranque y paro del motor se realiza desde el cuarto de control donde se lleva todo el control de los mismos. La operación de los motores tiene varios sistemas que lo conforman: el sistema de combustible, el sistema de lubricación (Ver figura 3), sistemas de agua de enfriamiento llamados LT y HT, sistema de aire comprimido, sistema de viraje del motor.

Figura 3. Diagrama de aceite lubricante de Las Palmas I



Fuente: elaboración propia.

Los combustibles y lubricantes son inflamables bajo determinadas condiciones de concentración de gases y temperatura. Es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- Las áreas destinadas al manejo de estos deben estar alejadas de fuentes de calor y ventiladas.
- En talleres de mantenimiento o áreas donde se realizan trabajos de soldadura, oxicorte o cualquier trabajo que produzca chispa deben estar limpios de combustibles y lubricantes.
- Se debe utilizar contenedores apropiados para almacenar materiales combustibles. No deben haber equipos eléctricos operando cerca de estos lugares.
- Las medidas de prevención y los riesgos deben indicarse adecuadamente con buena señalización.
- Debe haber extintores en cantidad y calidad adecuados al área.

Debe eliminarse cualquier fuga de aceite ó combustible que provoque derrames cuando se manipulen estos elementos. Poner especial atención a los equipos que están apoyados sobre el suelo o enterrados, debido a que están sujetos a la corrosión, lo que conlleva a fugas. Es bien importante contar con rutinas de revisión y mantenimiento.

Para evitar fugas es preferible tener instalaciones que permitan una fácil inspección visual de almacenamiento y distribución para detectarlas oportunamente.

Con rutinas de mantenimiento donde se aplican periódicas revisiones se reducen las probabilidades de cualquier incidente.

1.4. Descripción general del proceso de generación eléctrica mediante la combustión del carbón

1.4.1. Fundamentos de la generación de vapor

El uso del vapor a nivel industrial ha sido durante mucho tiempo bien amplio. Es bien importante tomar en cuenta la calidad del vapor y su uso en los diferentes sistemas que existen, esto lleva involucrado una presión y temperatura adecuada según el proceso en el que se utilice, y no hay que dejar de lado el tratamiento químico del agua de alimentación que se encarga de dar mejor calidad, control y cuidado a los equipos que están en contacto con el vapor durante todo su recorrido.

Básicamente se trata de una fuente de calor que al hacer el intercambio de calor por medio de un equipo que en la mayoría de los casos es una caldera, produce el vapor que se necesita según el proceso respectivo.

1.4.2. Funcionamiento de una caldera y sus sistemas auxiliares

Las calderas de vapor por su forma de operación pueden ser acuatubulares, en éstas el agua circula dentro de los tubos y cabezales, se caracterizan por ser las de mayor presión y las pirotubulares que es donde el fuego circula adentro de las tuberías, estando el agua y vapor por afuera de los tubos.

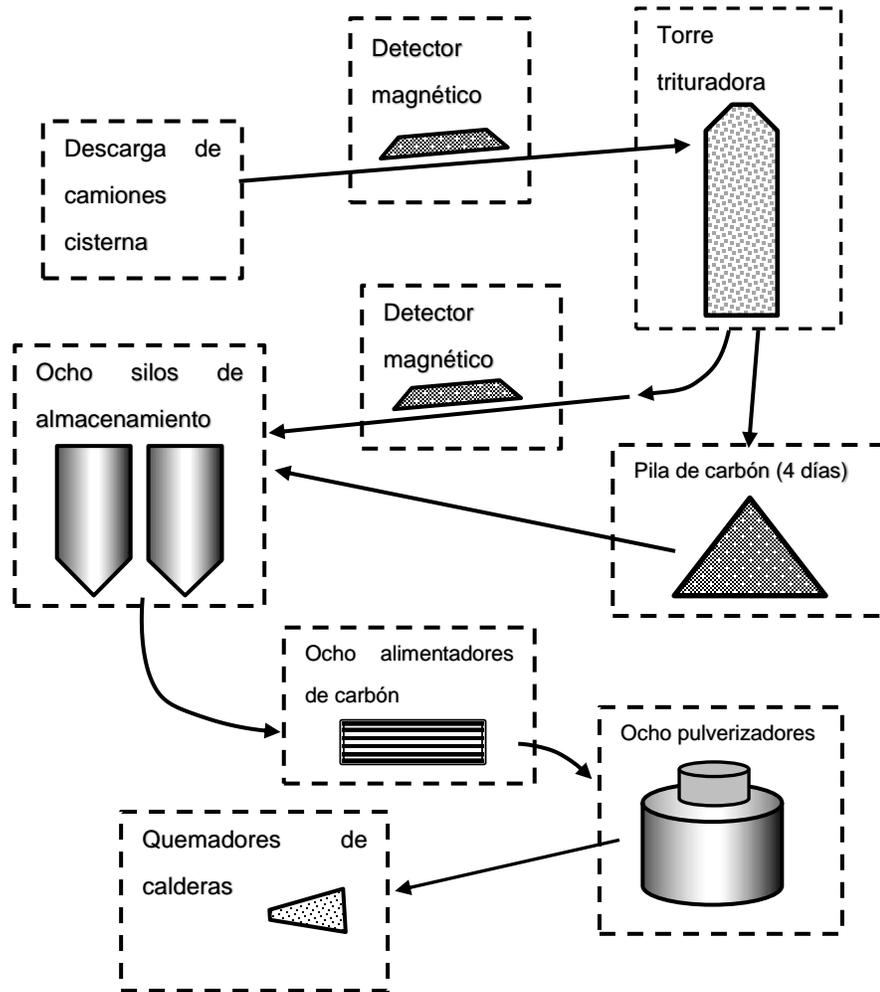
Las calderas de la Planta Las Palmas II son acuatubulares con una presión de 1,475 psih y una temperatura en el vapor de 975°C. Sus sistemas auxiliares son los que se encargan de proporcionar el agua para generar vapor junto con sus respectivos químicos, el combustible para que proporcione una fuente de calor y como consecuencia el respectivo intercambio de calor.

1.4.3. Acondicionamiento del carbón mineral

El carbón mineral es comprado en el exterior del país y almacenado en un área del puerto San José Ubicado en el departamento de Escuintla para luego ser trasladado por vía terrestre a la planta por medio de camiones cisternas. Luego de ser descargado dentro de la planta inicia el proceso del carbón por medio de los equipos destinados para el efecto. Se utilizan bandas transportadoras con elementos magnéticos (que atrapan partes metálicas), para trasladar el carbón entre los diferentes equipos.

Inicialmente el carbón se hace pasar por una torre trituradora donde se reduce el tamaño del grano a 1" aproximadamente para llegar a ocho silos de almacenamiento, desde donde se alimenta a los ocho pulverizadores. Estos equipos son los encargados de moler el carbón hasta volverlo un polvillo fino que es trasladado por medio de un flujo de aire caliente a una temperatura de 65°C hacia los quemadores de la caldera. Ver figura 4.

Figura 4. **Diagrama del proceso de carbón mineral en Planta Las Palmas II**

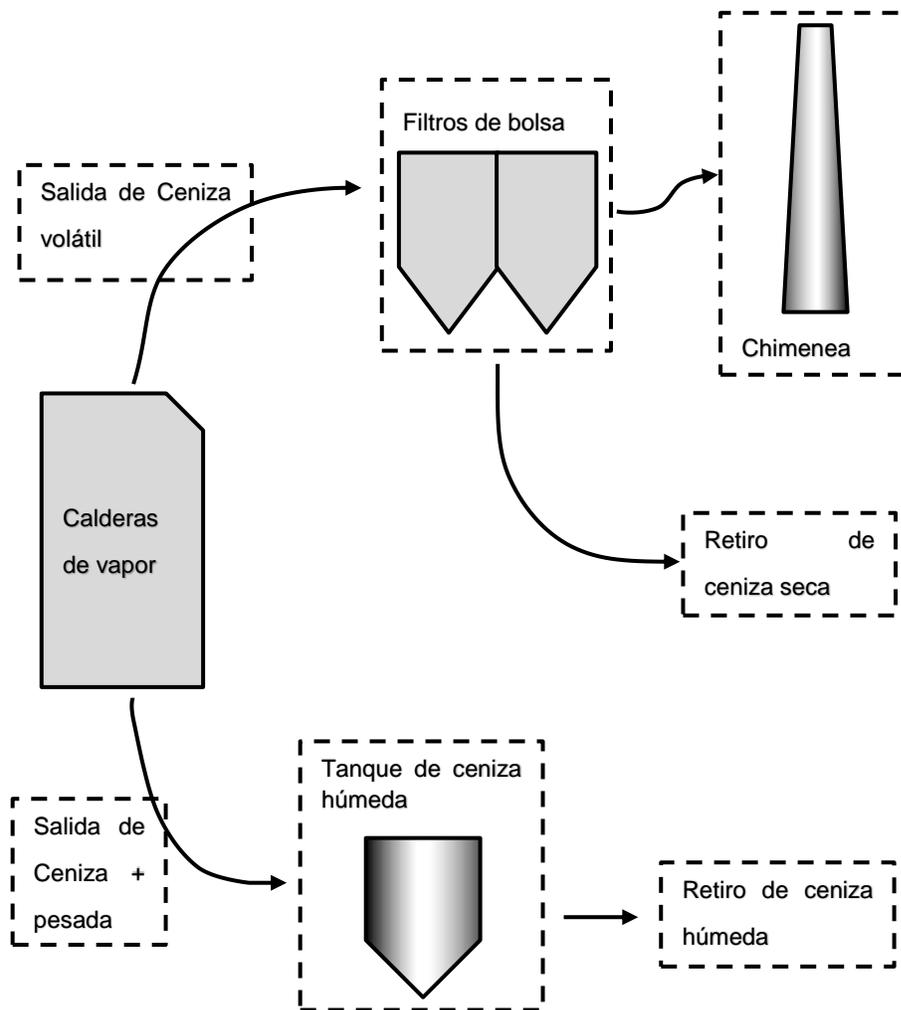


Fuente: elaboración propia.

La combustión del carbón produce material de desecho que es ceniza a altas temperaturas, la parte más liviana de ésta se va con el flujo de salida de los gases calientes hacia unos filtros de tela especial para evitar que salga a la atmosfera, y la otra parte más pesada cae al fondo de la caldera en un recipiente con agua que es el sello de la caldera en su parte baja.

La ceniza que cae al fondo de las calderas se traslada por medio de transportadores hacia un tanque de almacenamiento de donde es retirada por camiones destinados para esto. (Ver figura 5).

Figura 5. **Diagrama de la ceniza producida por las calderas de Planta Las Palmas II**



Fuente: elaboración propia.

1.5. Sistemas contra incendios

Son un conjunto de medidas que se toman en las edificaciones tales como edificios industriales, de apartamentos, etc. con el propósito de protegerlos contra los incendios. El objetivo principal de este sistema es reducir la probabilidad de daños humanos y pérdidas materiales. Depende del tipo de edificaciones así se diseña el sistema con todos sus equipos.

1.6. Descripción de un sistema contra incendios confiable

Cuando se habla de un sistema confiable no debe dejarse a un lado la prevención, ya que este es el aspecto más importante y que se le debe poner toda la atención necesaria.

Un alto porcentaje de los incendios q ocurren en las industrias o edificios se hubieran evitado si se contaran con las medidas básicas de prevención, estas son acciones que se deben tomar como algo sumamente importante y aunque tienen su costo valen la pena implementarlas en todas las edificaciones para hacerlas más seguras. Aquí es esencial un plan de conservación de los equipos.

Un sistema debe contar con elementos que detecten cualquier condición anormal en un determinado ambiente, y ésta al ser ubicada debe dar el aviso inmediato de alarma la cual puede ser local o hacia algún departamento que pueden ser los Bomberos o un grupo de atención de emergencias.

Es vital el ahorro del agua en un sistema como estos, porque si bien tiene un gran volumen de agua a la disposición hay que saberlo optimizar para evitar un gasto excesivo, es conveniente estar pendientes de cualquier fuga, a la vez que se evitará el arranque automático de las bombas lo que también causa un gasto excesivo de energía eléctrica. La confiabilidad del sistema está dada en un adecuado diseño y su plan de conservación bien ejecutado.

1.7. Elementos básicos que lo componen

Un sistema contra incendios bien diseñado debe adaptarse al ambiente a cubrir, es importante notar que hay regulaciones internacionales que rigen estos sistemas dependiendo el tipo de industria o edificio.

Entre los equipos básicos están los siguientes:

- Un panel o central de comando electrónico que se encarga de procesar las señales recibidas desde los dispositivos.
- Pulsadores o accionadores que permiten activar de forma manual la alarma de incendio.
- Sirenas de alarma que se encargan de alertar en caso de que se está iniciando un incendio.
- Detectores ubicados en las áreas según el tipo de trabajo.
- Respaldo de energía (Una fuente secundaria de energía en caso de que no haya fluido eléctrico normal).

- Cable sensor que es un cable resistente al calor, es el que tiene conectados todos los equipos.
- Hidrantes, que hay de varios tipos, desde los que cuentan con un cañón en la parte superior y con tomas para mangueras y los que solamente tienen varias tomas para conectar mangueras.

Cuando un incendio se inicia hay ciertos fenómenos que aparecen sucesivamente, primero actúan los detectores iónicos, después los detectores de humo, luego los de llama y por último los detectores térmicos. En algunos casos los detectores iónicos por sus elementos que lo componen no son muy utilizados en los sistemas contra incendios. Existen dos tipos de medidas a tomar en cuenta para un sistema contra incendios efectivo:

1.7.1. Medidas de protección pasiva

Estas son medidas que se toman para minimizar los efectos dañinos del incendio una vez que éste se ha iniciado. Básicamente están encaminadas a limitar la propagación de llamas y humo a lo largo del edificio, esto implica aislamiento de áreas utilizando diversos medios que permitan que las personas y equipos estén seguros.

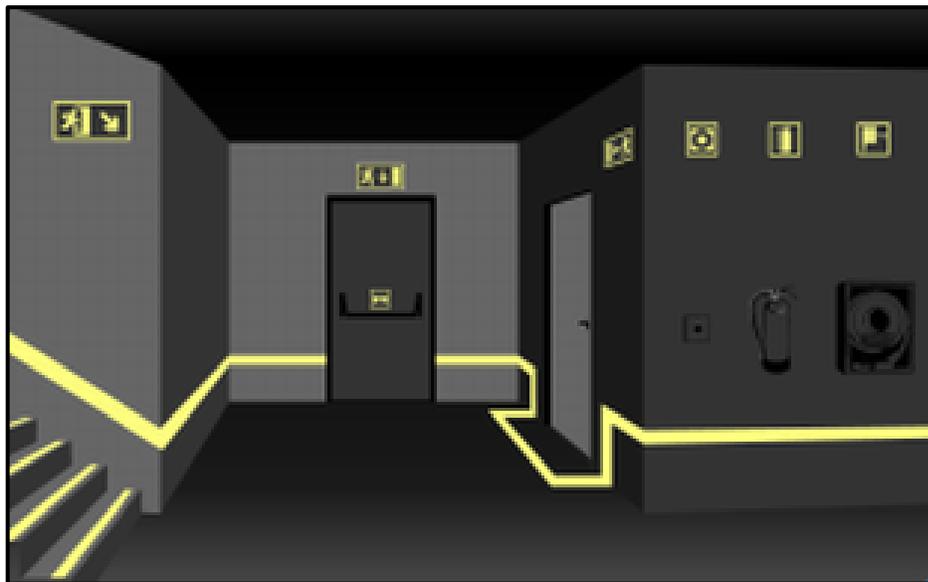
Es una protección permanente, sin necesidad de intervención humana. Encierra el fuego y es una protección segura durante las 24 horas.

La protección pasiva es un escudo contra el fuego. Ver figura 6.

Entre éstos están:

- Compuertas en conductos de aire
- Recubrimiento contra fuego de las estructuras
- Puertas y paredes contrafuegos
- Ventanas con vidrios especiales
- Vías de evacuación expeditas
- Señalizaciones a iluminación de emergencia
- Sectorización de áreas sensibles
- Y otros

Figura 6. **Medidas de protección pasiva**



Fuente: Construmática. *Medidas de construcción pasiva*. www.construmatica.com. Consulta: 10 de septiembre de 2019.

1.7.2. Medidas de protección activa

Con este tipo de medidas se asegura la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápidamente posible evitando su extensión a las demás instalaciones.

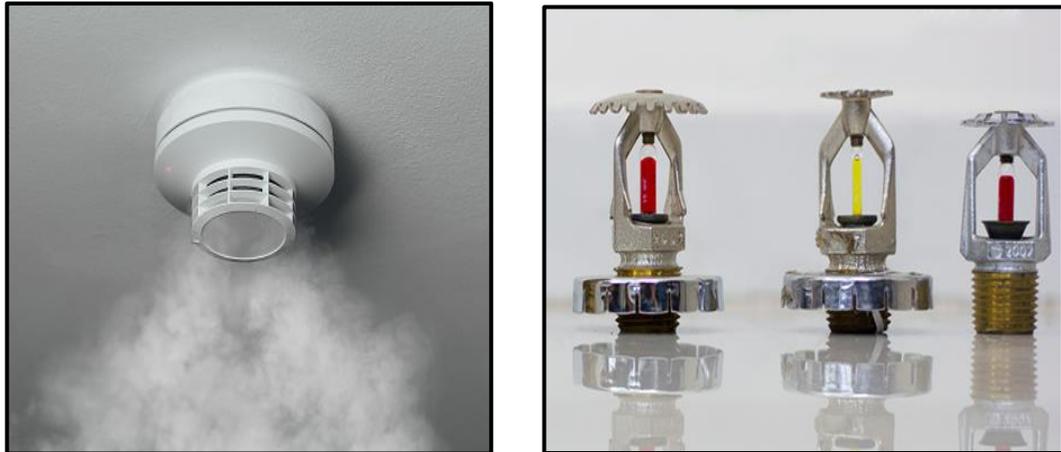
En términos generales se puede indicar que es el conjunto de medios, equipos y sistemas instalados en un edificio o industria que son utilizados para detectar y alertar sobre un conato de incendio, evitando que éste se propague y cause los consiguientes daños y pérdidas.

Se tienen dos tipos de medidas:

1.7.2.1. Medidas de detección de incendios

Son los equipos que detectan los humos producidos por la combustión de materiales o aumentos de temperatura. Entre estos cabe mencionar los detectores de humo que están ubicados en oficinas, talleres, cuartos de interruptores eléctricos y otros más.

Figura 7. **Medidas de protección activa detector de humo y *sprinklers***



Fuente: Grupo Visar. *Detectores de humo*. www.grupovisar.com.mx. Consulta: 10 de septiembre de 2019.

1.7.2.2. **Medidas de extinción de incendios**

Aquí se tienen todos los equipos manuales, siendo estos:

- Extintores de distintos tipos, como CO₂. PQS
- Hidrantes
- Mangueras, etc

También están todos los equipos automáticos que comprenden los diversos productos de extinción:

- Agua
- Gases
- Polvo químico seco

Figura 8. **Mangueras contra incendio**



Fuente: elaboración propia.

2. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE LAS PLANTAS

2.1. Sistema contra incendio de Planta Las Palmas I

A continuación, se describen los elementos que componen el sistema.

2.1.1. Tanque de agua industrial

Es el tanque destinado para almacenar el agua que se utiliza para ese sistema, cuando llega al nivel de 4,563 mm es exclusivo el uso para el sistema contra incendios, mientras tanto se utiliza para todos los servicios de la planta. El problema que se tiene aquí es que el agua se utiliza para varios usos por lo que se tiene mucho cuidado con el nivel del mismo.

2.1.2. Bombas

Son tres las bombas encargadas de mantener la presión en el sistema. Son dos bombas eléctricas y una tercera accionada por un motor de combustión interna con un depósito de combustible Diesel de una capacidad de 125 galones.

Tabla I. **Bombas del sistema contra incendio, Planta Las Palmas I**

No,	Tipo de bomba	Arranque	Paro
1	Bomba Jockey	8 bar (145 psi)	10 bar (170 psi)
2	Bomba eléctrica	7 bar (130 psi)	Modo manual
3	Bomba de motor Diesel	6 bar (110 psi)	Modo manual

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Hidrantes

Están estratégicamente ubicados en el área de la planta, son 9. Se observó que los hidrantes tienen una válvula de paso justo antes del punto donde se conectan las mangueras. Estas válvulas tienen un marcado deterioro y se recomienda realizar una minuciosa revisión para determinar su forma de operar. Ver figura 9.

Figura 9. **Hidrante con su válvula de corte**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Gabinetes para hidrantes y mangueras

Estos son los encargados de mantener guardadas las mangueras y accesorios, y por estar a la intemperie deben ser sellados y evitar que animales de cualquier tipo ingresen al mismo, provocando daños a los equipos o a las personas cuando quieran utilizar éstos.

Siempre se encuentra un gabinete al lado de los hidrantes para tener la facilidad de tenerlos a la mano cuando se necesiten.

Figura 10. **Gabinete contra incendios**



Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Mangueras y pitones

Se debe hacer la revisión semanal para comprobar la existencia de mangueras y pitones y sus respectivos accesorios en los gabinetes ubicados a

un lado de los hidrantes. Debe haber la suficiente cantidad de mangueras según sea el lugar donde esté ubicado, para lograr cubrir el área necesaria.

Los pitones son de bajo mantenimiento, solo hay que asegurarse que no están cerrados. Ver figura 11.

Figura 11. **Mangueras y pitones**



Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Detectores de humo

Son los dispositivos encargados de detectar la presencia de humo en las áreas donde están ubicados. Por estar constituidos de partes electrónicas son muy propensos a dañarse por las condiciones ambientales, golpes o salpicaduras de líquidos.

Están ubicados en los cuartos eléctricos de bajo, mediano y alto voltaje, también en el cuarto de motores, en el cuarto de control, en taller mecánico, y

los comedores. Esta ubicados en la parte alta del techo de los ambientes donde se ubican.

2.1.7. Cajas manuales de alarma

Son dispositivos ubicados en paredes de fácil acceso donde pueden ser accionados manualmente. Contienen un interruptor normalmente abierto, este es activado cuando la tapadera es movida hacia abajo. Se encuentran ubicados en el cuarto de control principal de la planta donde se encuentra personal las 24 horas y son quienes tienen el control de lo que sucede en las unidades generadoras de energía eléctrica.

2.1.8. Sirenas electromecánicas

Estas bocinas son activadas cuando el sistema contra incendios detecta una baja de presión de agua, cuando han sido accionadas las cajas manuales de alarma o cuando algún detector de humo ha sido activado. Estas producen un fuerte sonido de una bocina electromecánica (cerca de 95 decibelios), unido con una luz estroboscópica, la cual utiliza una bombilla de Xenón con un circuito estado sólido para una máxima confiabilidad y eficiencia. Al ser reseteada la alarma se silencia. Pero hay que identificar la razón de esta activación.

2.1.9. Paneles eléctricos de control

Los paneles están ubicados en lugares donde no están expuestos a daños por cualquier razón, pueden ser salpicaduras, golpes por movimiento de equipos, sobrecargas de energía, etc. Este panel responde a cualquier alarma activada de los módulos que están conectados a éste. La condición de la

alarma activada queda bloqueada hasta que se resuelve la causa de la alarma y se le da RESET.

2.1.10. Tuberías y accesorios en general

Por lo regular las tuberías están expuestas y en muy pocos lugares están bajo tierra. Debido a las condiciones climáticas del área, la empaquetadura tiende a deteriorarse por la alta temperatura y tomando en cuenta que todas las tuberías son de metal, la pintura se ha deteriorado en varios lugares donde está más expuesta, y esto provoca que la corrosión pueda iniciar a hacer su efecto.

Toda la tubería está pintada de su característico color rojo y es visible donde está expuesta, pero está expuesta al ambiente, por lo que su mantenimiento debe ser constante.

2.1.11. Estación de bombas

Es un contenedor que se adecuó para colocar las tres bombas del sistema. El acceso es un poco complicado, hay que pasar sobre tuberías o rodear el tanque contra incendios para acceder. La puerta principal debe contar con un cerrojo fácil de abrir y cerrar, no lo tiene. Le falta ventilación por lo que es un lugar con una temperatura un poco más arriba que el ambiente que lo rodea y si las bombas están en servicio, la temperatura se incrementa un poco más.

Por otro lado, la iluminación es escasa, se debe contar con una lámpara de mano. Ver figura 12.

El área donde están las bombas es de 5 metros de largo por 2.5 metros de ancho, siendo esta un área muy pequeña cuando se quieren hacer algún tipo de movimientos con las bombas.

Figura 12. **Estación de bombas de Planta Las Palmas I**



Fuente: elaboración propia.

Al estar las tres bombas en un pequeño contenedor, el espacio para darles mantenimiento es reducido y se complica incluso por la alta temperatura del lugar por la falta de ventilación.

En la bomba Diesel, el tanque que almacena el combustible le hace falta una escala que indique un nivel adecuado, aparte que está prácticamente a escasos centímetros de la bomba. Se necesita programar un mantenimiento preventivo para las bombas que sea efectivo. Ver figura 13.

Figura 13. **Caseta de bombas contra incendios Planta Las Palmas I**



Fuente: elaboración propia.

2.1.12. Áreas y equipos de mayor riesgo

Unos de los equipos más peligrosos por falta de mantenimiento son las bombas y los serpentines de vapor que se encargan de incrementar la temperatura a los combustibles. Válvulas en mal estado, acoples con fugas o tuberías rotas por distintas razones.

Peligros por quemaduras por vapor, resbalones por combustible derramado debido a fugas en diversos equipos.

Figura 14. **Serpentines de vapor con fuga**



Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los materiales más peligrosos de la planta son los combustibles y lubricantes por la alta temperatura que manejan, sin embargo, no hay que olvidar que, por ser una planta eléctrica, hay muchos sistemas eléctricos que están expuestos también. Aquí es vital el estado de los sistemas de detección de incendios.

En la figura 2 (página 5), se puede observar el diagrama de combustible, los puntos más susceptibles son los equipos donde se eleva la temperatura del combustible, aquí se toman en cuenta los serpentines ubicados dentro de los tres tanques de almacenamiento que trabajan con un rango de temperatura por lo que su control debe ser el adecuado, la falta de mantenimiento en estos controles hace que el vapor no controle adecuadamente el flujo de vapor y se eleve la temperatura a niveles de riesgo.

Directamente en cada motor 18V46 existe una alta probabilidad de incendio tomando en cuenta la alta temperatura que se maneja cuando los

motores están en operación y más cuando hay fuga de combustible o lubricante en algún accesorio.

2.2. Sistema contra incendios de Palmas II

A continuación, se listan los elementos que lo componen:

Los elementos principales con que cuenta ese sistema son bastante similares al de la Planta Las Palmas I, con algunas variantes tomando en cuenta que es una planta que utiliza carbón mineral para su operación.

2.2.1. Tanque de agua contra incendios

La capacidad de este tanque es de 450,000 galones, siendo destinado completamente para el sistema contra incendios. En la base se encuentra una válvula con fuga de agua en el estopero.

2.2.2. Bombas

Son tres las bombas encargadas de mantener la presión en el sistema: funcionan escalonadamente similar a la otra planta.

Tabla II. **Arranque y paro de bombas contra incendios de Planta Las Palmas II**

No,	Tipo de bomba	Arranque	Paro
1	Bomba Jockey	145 psi	170 psi
2	Bomba eléctrica	130 psi	Modo manual
3	Bomba de motor diesel	110 psi	Modo manual

Fuente: elaboración propia.

Se sugiere implementar las lecturas de voltaje y amperaje para poder decidir sobre si es necesario abrir las bombas y poder revisar todos los elementos internos.

Esta debe ser una implementación a corto plazo por situaciones contractuales y que no se puede correr el riesgo de tener un sistema como este fuera de servicio.

Por ser equipos críticos, se debe dar seguimiento a los datos que registran estas cuando se realizan las pruebas semanales, por lo que se debe incluir en el formato semanal, los datos de Amperaje y voltaje de las bombas.

Al haber variación en estos datos se debe decidir para revisar internamente los *impeller* por posibles daños internos.

Figura 15. **Bombas del sistema contra incendio de Palmas II**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Hidrantes

Están estratégicamente ubicados en el área de la planta, son 11 y tienen su gabinete a la par donde se encuentran mangueras y accesorios. Por lo regular los que están instalados afuera del edificio de vapor constan de un cañón instalado en el mismo hidrante aparte de dos tomas para poder conectar las mangueras. Ver figura 16.

Los hidrantes tienen una válvula que los aísla, pero es necesario considerar manipularlas para poder comprobar su manera de operar, porque algunas tuvieron problemas al haberse doblado el volante, por lo que tuvo que realizarse el cambio de válvula. Cada semana cuando se realiza la prueba contra incendios se abre un hidrante a la vez hasta completar con todos.

Recientemente se le hizo cambio de la válvula que los aísla por haber torcido los volantes de las anteriores válvulas. El volante era de palanca, la cual no soporto la fuerza de la válvula, por lo que personal de la planta procedió a cambiar completamente la válvula. Ver figura 17.

Figura 16. **Hidrante No. 1 de Planta Las Palmas II**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Hidrante en Palmas II. Ver la válvula de aislamiento cambiada**



Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Gabinetes para mangueras

Cada hidrante o toma para conectar mangueras tiene un gabinete que se encarga de tener guardadas las mangueras, entre estos hay algunos que tienen unas ventanas para poder ver el interior mientras que otros son puertas selladas.

Dentro del edificio de vapor se encuentran varios gabinetes conteniendo mangueras. El problema es que son mangueras demasiado largas y la

manipulación de éstas se complica dentro de un edificio y tomando en cuenta que cuando la planta está en operación, hay bastantes tuberías calientes, se recomienda que éstas deben ser más cortas y tener varias si en un dado caso se necesita un poco más de longitud.

Figura 18. **Gabinete de un hidrante con manguera y accesorios**



Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Mangueras y pitones

Estas se encuentran en cada gabinete que está colocado a un lado de los hidrantes, también se podrán encontrar los pitones y llaves para hidrantes. Por lo regular también cuentan con válvulas de derivación o “Y”, en las que se conectan dos mangueras de 1 ½”.

2.2.6. Detectores de humo

Son los dispositivos encargados de detectar la presencia de humo en las áreas donde están ubicados. Por estar constituidos de partes electrónicas son propensos a dañarse por las condiciones ambientales, golpes o salpicaduras.

Están ubicados en las oficinas, talleres, cuartos de control, cuartos eléctricos de bajo, mediano y alto voltaje, comedores, y pasillos.

Figura 19. **Detector de humo**



Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Estaciones manuales de halar

Están ubicadas en el cuarto de control al igual que La Planta Las Palmas I, y es por el motivo que hay personal las 24 horas quienes llevan el control de lo que sucede en la planta y son quienes podrían en un momento dado activar esta estación manualmente al ver una emergencia.

Por lo regular están ubicados en las puertas de entrada y pueden ser accionados manualmente. Estos se identifican por tener un color visible rojo, y aparece la palabra “ACTIVATED” cuando ha sido activada la manecilla hacia abajo.

Figura 20. Estación para jalar



Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Paneles eléctricos de control

Estos paneles fueron ubicados en lugares seguros donde no pueden ser manipulados por cualquier persona, no están expuestos a sufrir daños ni salpicaduras de líquidos. Han sido ubicados en el cuarto de control principal de la planta, en las oficinas administrativas, a un lado de las oficinas de bodega. En general se han colocado en ambientes seguros y controlados para evitar daños a la electrónica que estos contienen.

Son paneles en general herméticos con sus respectivas puertas selladas, pero siempre están expuestos a daños por descuidos al cerrar las puertas.

2.2.9. Tubería y accesorios en general

Por lo regular las tuberías están expuestas y en muy pocos lugares está bajo tierra. Debido al clima del área, la empaquetadura tiende a deteriorarse por la alta temperatura y tomando en cuenta que todas las tuberías son de metal. Debe estar bien identificada para evitar que se produzcan daños o fugas.

2.2.10. Sprinklers

Son llamados rociadores también, pero son automáticos y se accionan con una alta temperatura que detecte el elemento que las acciona, que es un bulbo de vidrio con un líquido de color dependiendo de la temperatura a la que este diseñado. En la planta se cuenta con bulbos de color azul, que son de clasificación alta, con un índice de temperatura de 121 a 149 °C. Ver tabla III.

Se encuentran en casi todas las instalaciones de la planta, al ser equipos que no se pueden probar, queda solo verificar su estado físico en donde están ubicados.

También hay que revisar por posibles bloqueos que estos puedan tener al modificar equipos o tuberías alrededor de estos, ya que pueden dañarse.

En la Planta Las Palmas II, al ser una planta rediseñada en sus instalaciones, se tiene el problema que se colocaron vigas adicionales para hacer del edificio más resistente a los temblores.

Esto provocó que muchas de estas quedaran prácticamente tapando muchos aspersores, por lo que es necesario hacer un estudio para poder ubicarlos de mejor manera para que sean más efectivos en el momento de ser requeridos. Ver figura 21.

Las boquillas de spray de agua son Modelo M de la marca *Viking*. Estas son pequeñas, con un bulbo de vidrio sensible a la temperatura con boquillas de agua direccionales. Tienen un deflector que determina el ángulo de salida del agua según los requerimientos del diseño. Los bulbos de vidrio son más resistentes a atmosferas corrosivas que los elementos de metal. Durante un incendio el líquido sensible al calor se expande haciendo quebrar el vidrio retirando el sello, permitiendo que el agua pueda fluir en forma de spray a través de las boquillas.

Los *Micromatic Sprinkler*, también tienen un bulbo de vidrio sensible al calor, el cual se quiebra al haber condiciones de alta temperatura, dejando fluir el agua a través del orificio pasando por un deflector formando una capa uniforme de agua para extinguir o controlar el fuego.

Cubren un área máxima de 12 metros cuadrados por *sprinkler* con una presión mínima de operación de 7 psi. Se activan como mínimo a una temperatura arriba de 57°C, según el modelo.

Tabla III. **Clasificación estándar de temperatura para los *sprinkler***

Temperatura máxima en el techo (°C)	Índice de temperatura (°C)	Clasificación	Código de color (brazos del armazón)	Código del bulbo
38	57 a 77	Ordinaria	Sin color o negro	Naranja o rojo
66	79 a 107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
107	121 a 149	Alta	Azul	Azul
149	163 a 191	Extra alta	Rojo	Púrpura
191	204 a 246	Muy extra alta	Verde	Negro
246	260 a 302	Ultra alta	Naranja	Negro
329	343	Ultra alta	Naranja	Negro

Fuente: Bajadesignengineeringblog. *Rango de temperatura de rociadores*.
 bajadesignengineeringblog.wordpress.com. Consulta: 15 de septiembre de 2019.

Figura 21. ***Sprinkler* con una viga al lado**



Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Estación de bombas

Es un ambiente amplio, con buena ventilación. Hay espacio para realizar trabajos de mantenimiento, el inconveniente es que hay área verde alrededor y se han encontrado ciertas especies de reptiles en los alrededores. Es de fácil acceso.

El exterior de esta caseta necesita iluminación y la puerta del lado este necesita un caminamiento de concreto para no correr el riesgo de caminar en el área verde por las serpientes que habitan en el lugar.

También se necesita mejorar la iluminación en el interior, pues está muy escasa. Ver figura 22.

Figura 22. **Caseta de bombas contra incendios**



Fuente: elaboración propia.

2.2.12. Válvulas varias

La mayoría de las válvulas que están en el sistema en general se encuentran a la intemperie, por lo que son susceptibles al calor y la lluvia lo que contribuye a que se dañen con el tiempo. Estas deben ser periódicamente revisadas.

Las fugas de agua en las distintas válvulas de un sistema provocan que la presión disminuya provocando arranques de bombas indeseados causando gastos de energía eléctrica, lo que se puede evitar con la reparación inmediata de estos problemas. Ver la figura 23.

Figura 23. **Válvula de 12” de diámetro en el tanque contra incendios, con fuga en el estopero**



Fuente: elaboración propia.

2.2.13. Áreas y equipos de mayor riesgo

Las áreas de mayor riesgo en la planta son todas aquellas donde se almacena el carbón, éste tiene la particularidad que cuando se humedece inicia a incrementar su temperatura llegando a valores de 300 y 400° F, dándose un conato de incendio espontaneo, el cual debe controlarse inmediatamente, sin echarle agua, sino moverlo. El problema de esto es que no es detectable por instrumentos fijos en instalaciones, sino por una inspección visual y local por lo que hay que estar en constante revisión de los almacenes de carbón, especialmente cuando este se ha humedecido o permanecido durante cierto tiempo sin moverse.

En las pilas de carbón es usual que la temperatura se eleve cuando llueve, por lo que la revisión constante en esas áreas es vital para evitar siniestros. Se utiliza pistolas para medir la temperatura en los diferentes lugares donde se almacena carbón. Ver figura 24.

Figura 24. **Pistolas para medir temperatura en el carbón**



Fuente: Dagonron. *Equipos de medición*. www.dagonron.es. Consulta: 21 de octubre de 2019.

2.3. Ahorro energético en el sistema

Debido a varias fugas de agua que había en el sistema se observó que la bomba jockey estaba dando arranque en promedio cada 4 minutos durante 20 segundos (0,33 seg.). Esto para mantener la presión en el sistema.

En una hora estaba encendida 4.95 minutos. En un día 118.8 minutos (1.98 horas). En promedio arrancaba 360 veces al día. (15 por hora).

Esto contribuía al desgaste de la bomba y consumo innecesario de energía Eléctrica.

$P = 7,06 \text{ kw}$ de la bomba a \$56.54 MW de energía eléctrica.

En un día se pierden \$0,79, en un mes \$23.73, en un año \$ 284,77, por lo que se pierden en un año Q 2 192,74, solo de Energía eléctrica.

No se puede cuantificar un mantenimiento por daños al arrancar continuamente.

Personal mecánico de Planta procedió al cambio de dos válvulas que tenían fuga y estaban dañadas del volante.

Válvulas marca VICTAULIC de 6": Q8,736.00, dos válvulas: Q17,472.00

Costo de mano de obra Mecánico (Q4,500/mes) hace el cambio en 3 horas.

Por hora cobra Q18.75, en tres horas Q56.25

Empaques, trapos, penetrante utilizado,	Q175,00
Total del cambio por mano de obra:	Q56,25
Repuestos	<u>Q17 472,00</u>
Total	Q 17 703,25

Aunque era necesario el cambio por daños en las válvulas si se elevaron los costos por la calidad y precio de las válvulas.

3. PLAN DE CONSERVACIÓN A LOS SISTEMAS CONTRA INCENDIOS DE PALMAS I Y PALMAS II

3.1. Descripción del plan

Las preguntas normales que se suelen hacer cuando se habla de la conservación de equipos de una instalación industrial suelen ser las siguientes: ¿Realmente se están conservando correctamente los equipos que se necesitan? ¿Se podría realizar algo más para aportar mayor confiabilidad al sistema que se necesita? ¿De qué manera se podría mejorar el plan de mantenimiento en nuestro sistema?

Se entiende por mantenimiento a las acciones necesarias para conservar o reestablecer un sistema a un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. Se pueden deducir ciertas actividades tales como:

- La prevención y la corrección de las averías ocurridas
- Cuantificar y evaluar el estado actual de las instalaciones
- Tener conocimiento del aspecto económico

Cuando se refiere a los planes de conservación de los equipos, estos deben contar con una revisión periódica y sus respectivos registros. Las pruebas semanales de los equipos contribuyen en buena manera a llevar un buen mantenimiento, aparte que se comprueba la correcta operación y se logra ver si hay fallos en éstos para su corrección inmediata.

Los datos que se anotan en los registros deben ser tales que permitan identificar posibles fallas en el sistema, tales como baja presión de agua, en los motores de las bombas oscilación en algunos valores críticos como Amperajes o voltajes.

Actualmente en las pruebas semanales de operación a los equipos en ambas plantas se están dejando registros de los mismos. Cuando existe algún tipo de falla en el equipo, el personal operativo procede a realizar un reporte de falla en el sistema y es atendida por el personal de mantenimiento.

Se debe llevar un registro de los mantenimientos planificados y realizados en todos los equipos para poder consultarlos cuando sea necesario. Esto es vital para garantizar el buen estado de las instalaciones y la integridad de las personas que trabajan en las plantas. Se debe realizar una planificación periódica según el tipo de equipo, las recomendaciones del fabricante y la experiencia del personal que labora en el lugar, priorizando el orden mencionado.

Los equipos más sensibles en fallas y que se le debe dar especial atención son las seis bombas (tres en cada planta) encargadas de proporcionar la presión al sistema en caso de ser requerido.

Los registros deben al menos tener datos de cinco años atrás, y los mismos se pueden utilizar para analizar el desempeño de las bombas cada vez que se realizan pruebas, al observar un decremento en la potencia de estas indicaría una posible falla, esto trae implicado el mantenimiento inmediato a la bomba con el posible problema.

Es necesario distinguir las pruebas semanales y las de eficiencia donde se prueba los equipos con una alta demanda, debiendo hacerlas periódicamente de manera anual.

Los recorridos que se realizan para inspeccionar los equipos detectan excepciones imprevistas en los comportamientos de las fallas, así como problemas debidos a limpieza y mala conservación. Actividades como las siguientes dan un gran aporte en la conservación de los equipos:

- Realizar tareas programadas
- Recorridos de inspección
- Sistemas de vigilancia de equipos críticos
- Asegurar que se efectúen las inspecciones programadas
- Detectar y reportar anomalías o averías en equipos
- Realizar las lecturas respectivas de los equipos
- Lleva a cabo los mantenimientos preventivos y correctivos
- Definir un calendario de inspecciones según la operación de estos equipos.

3.2. Fichas técnicas de los equipos

Se procedió a realizar las fichas técnicas de los equipos:

3.2.1. Bombas

Tabla IV. Especificaciones de bomba Jockey 1 de Planta Las Palmas I

Sistema contra incendios, Planta Las Palmas I		
Nombre: Bomba Jockey 1 (De horquilla)		
Código: PI-CI-01		
Departamento: Sistema contra incendios		
Ubicación: Caseta contra incendios, Palmas I.		
Marca: GRUNDFOS		
Modelo: 96518034 – P11035531		
Tipo: CP5-11 A-FGJ-A-E PQOE		
Rpm: 3461		
Presión de trabajo: 10 Bar		
Flujo: 6,8 m ³ /h		
Datos eléctricos	Voltios: 480 v	Amperios: 10 A
	Frecuencia: 60 hz	

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Especificaciones de bomba eléctrica de Planta Las Palmas I**

Sistema contra incendios, Planta Las Palmas I		
Nombre: Bomba eléctrica		
Código: PI-CI-02		
Departamento: Sistema contra incendios		
Ubicación: Caseta contra incendios, Palmas I.		
Marca motor: VEM Motors GmbH		
Modelo motor: K21R 280 M2 NS R LL		
Velocidad: 3,560 rpm		
Año de fabricación: 1 998		
Marca de bomba: KSB D67227		
		Presión de trabajo: 110 – 130 psi
Caudal: 300 m ³ /h, 5000 lt/min.		
Datos eléctricos	Voltios: 480 v	Amperios: 150 A.
	Fases: 3	Frecuencia: 60 hz
Complementos	Estopa en sellos de bomba 461 interno y 454 externo	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Especificaciones de bomba Diesel de Planta Las Palmas I**

Sistema contra incendios, Planta Las Palmas I	
Nombre: Bomba Diesel	
Código: PI-CI-03	
Departamento: Sistema contra incendios	
Ubicación: Caseta contra incendios, Palmas I.	
Marca motor: VALMET DIESEL INC.	
Modelo motor: 420 DSP	
Serie del motor: H03231	
Potencia de salida: 106 kW	
Rpm: 2 400 rpm	
Combustión: Inyección directa	
Marca bomba: SISU DIESEL INC	No. De cilindros: 4
Serie de la bomba: 7-917- 286159/1	Cilindrada del motor: 4,4
Rpm: 2 400 rpm	Diámetro interior cilindro: 108 mm
Presión máx. de trabajo: 15 Bar	Modelo Bomba: KSB M 100-315
Complementos	Motor utiliza líquido refrigerante
	Motor utiliza aceite 15W40 Cantidad: 3 galones
Filtro de aire: Valmet 8361 460	Capacidad de la bomba: 5 000 L/min
Fajas del motor: 2 us. S9510X	Acumulador de 24 V,

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Especificaciones de bomba Jockey de Planta Las Palmas 2**

Sistema contra incendios, Planta Las Palmas II		
Nombre: Bomba Jockey		
Código: PUC-9052		
Departamento: Sistema contra incendios		
Ubicación: Caseta contra incendios, Palmas I.		
Marca: GRUNDFOS		
Serie: 7306BE.2CS		
Modelo: A96084275-P21004141		
Tipo: CP5-14 AFGJ-A-E HQRE		
Potencia: 5 hp		
Velocidad: 3 461 rpm		
Caudal: 30,39 gpm		Presión de trabajo: 145 a 170 psi
Datos eléctricos	Voltios: 480 v	Amperios: 10 A
	Fases: 3	Frecuencia: 60 hz

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Especificaciones de bomba eléctrica de Planta Las Palmas II**

Sistema contra incendios, Planta Las Palmas II		
Nombre: Bomba Eléctrica		
Código: PUC-9050		
Departamento: Sistema contra incendios		
Ubicación: Caseta contra incendios, Palmas II.		
Marca motor: WEG, Brasil		
Frame: 445TS		
HP: 250		
A: 273 Amps		
Frecuencia. 60 Hz		
Voltaje. 460 V.		
Velocidad: 180 rpm	Fecha de registro: junio 2019	
Marca bomba: SPP pumps EX 4120	Capacidad: 2,000 gpm	
Serie No.: USE-01-10-134	Velocidad promedio: 1780 rpm	
Tipo de bomba: PCO8J	Capacidad a 150% prom.: 113 psi	
Presión máxima neta: 161 psi.	Presión Max. Pos. succión. 14 psi	
Diámetro de impeler: 18,68 In.	No. De etapas: 1	
Datos eléctricos	Voltios: 480 v	Amperios: 150 A
	Fases: 3	Frecuencia: 60 Hz

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Especificaciones de bomba 3 Diesel, Planta Las Palmas II**

Sistema contra incendios, Planta Las Palmas II	
Nombre: Bomba Diesel	
Código: PUC-9051	
Departamento: Sistema contra incendios	
Ubicación: Caseta contra incendios.	
Marca motor: CUMMINS FIRE POWER	
Modelo motor: CFP83-F30	
Serie motor: 73052409	
Velocidad promedio: 160 rpm	
Potencia de salida motor: 252 hp	
Fecha de registro: junio 2019	
Marca de bomba: SPP pumps EX 4120	Capacidad promedio: 2000 USgpm
Serie No. USF-01-09-1333	Presión neta promedio: 140 psi
Tipo de bomba: PC08J	Presión máxima neta: 162 psi
Velocidad promedio: 1780 rpm	Presión máx. pos. de succión: 13 psi
Diámetro de impeler: 18,68 in	No. De etapas: 1
Complementos	Aceite de motor 15W40 Cantidad: 5 galones
	Refrigerante del sistema si

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Tanques de agua de almacenamiento

Tabla X. **Tanque de agua de almacenamiento de Palmas I**

Sistema contra incendios, Planta Las Palmas I
Nombre: Tanque de agua de almacenamiento de Palmas I
Nivel máximo: 4 840 mm
Capacidad nominal: 130 000 galones
Año de fabricación: octubre 2,000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Tanque de agua de almacenamiento de Palmas II**

Sistema contra incendios, Planta Las Palmas II
Nombre: Tanque de agua de almacenamiento de Palmas II
Nivel máximo: 12 192 mm
Capacidad nominal: 450 000 galones
Año de fabricación: junio 2009.

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Hidrantes

Tabla XII. Hidrante

Sistema contra incendios
Nombre: Hidrante
Marca: Guardian Fire Equipment
Modelo: 75U-A56
Diámetro de boquillas: 2 ½"
Flujo en boquillas: 250 gpm / boquilla

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Gabinetes para mangueras

Tabla XIII. Gabinete para mangueras

Sistema contra incendios
Nombre: Gabinete para mangueras
Marca: Guardian Fire Equipment
Modelo: C-9
Medidas: 48" de alto 36" de ancho y 8" de profundidad.
Materiales: Acero rolado 16GA
Dos puertas reforzadas, bisagras corridas, sistema sellado contra el agua, identificados con su color rojo.

Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Mangueras y pitones

Tabla XIV. **Manguera contra incendio**

Sistema contra incendios,	
Nombre: Manguera contra incendio	
Modelo: 44-AP3	
Presion nominal: 300 psi	
Tipo de material: 100% de material sintético (N-dustrial)	
Longitud: 15 metros	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Pitón**

Sistema contra incendios,	
Nombre: Pitón	
Modelo: L-205-B, 2520	
Flujo nominal: 95 gpm, 150 gpm	
Tipo de movimiento: Brisa y chorro directo	
Tamaño de boquilla: 1 1/2", 2 1/2"	
Peso: 2,86 libras	Longitud: 5"

Fuente: elaboración propia.

3.2.6. Detectores de humo

Tabla XVI. **Detector de humo**

Sistema contra incendios,	
Nombre: Detector de humo	
Modelo: DI-3	
Fabricante: CERBERUS Pyrotronics	

Fuente: elaboración propia.

3.2.7. Sirenas electromecánicas

Tabla XVII. **Sirena electromecánica**

Sistema contra incendios,	
Nombre: Sirena Electromecánica	
Modelo: HN-S	
Fabricante: CERBERUS Pyrotronics	
Tipo de sonido: Cerca de 96 decibeles.	
Bombillas de Xenón estroboscópica	

Fuente: elaboración propia.

3.2.8. Paneles eléctricos de control

Tabla XVIII. **Panel eléctrico de control**

Sistema contra incendios,
Nombre: Panel eléctrico de control
Modelo: CP-35
Fabricante: CERBERUS Pyrotronics

Fuente: elaboración propia.

3.2.9. Estaciones manuales de halar

Tabla XIX. **Estación manual de alarma**

Sistema contra incendios,
Nombre: Estación manual de alarma
Modelo: S464G1007
Fabricante: Honeywell

Fuente: elaboración propia.

3.2.10. Sprinklers

Tabla XX. *Sprinkler*

Sistema contra incendios,
Nombre: <i>Sprinkler</i>
Modelo: M
Fabricante: Viking
Area a cubrir: 12 metros cuadrados.
Presion de agua mínima: 7 psi
Temperatura de accionamiento: 121 a 149 ° C
Bulbo; Color Azul. Clasificación Alta.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Mantenimiento preventivo propuesto a los equipos

3.3.1. Motores eléctricos

Se debe revisar periódicamente que todas las conexiones de la caja de bornes estén apretadas fijamente, así como el interior de la caja de conexiones que esté limpia y libre de cuerpos extraños. Los tornillos de cierre de las tapaderas y su empaquetadura deben estar apretados fijamente. Se deben hacer mediciones eléctricas como parte del mantenimiento programado. Se sugiere incluir en los registros actuales que se utilizan para las pruebas semanales los valores de amperaje y voltaje para poder darle seguimiento a las variaciones que éstos puedan tener.

El consumo excesivo de energía eléctrica puede ser por lo siguiente:

- Desalineación: Revisar la alineación entre el motor y la bomba
- Partes desgastadas o dañadas: Revisar por ejes doblados o anillos desgastados.
- Problemas de cojinetes: Verificar temperatura en cojinetes por ausencia de lubricación o desgastes en éstos.

3.3.2. Motor de combustión interna

En el siguiente cuadro (ver tabla XXI), se muestran las revisiones que se deben realizar a los motores de combustión interna de las dos plantas, según las recomendaciones del fabricante.

Tabla XXI. Cuadro de mantenimiento del motor Diesel

TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	Intervalos servicio / horas de funcionamiento					
	10	50	300	600	1200	2400
1. Comprobar el nivel de aceite del motor.	X					
2. Comprobar el nivel del refrigerante.	X					
3. Comprobar la existencia de fugas de aceite, combustible o refrigerante.	X					
4. Limpiar el ciclón del filtro de aire.	X					
5. Vaciar el separador de agua		X				
6. Limpiar/cambiar el filtro de aire		X				
7. Limpiar el sistema de refrigeración (desde afuera)		X				

Continuación de la tabla XXI.

8. Cambiar el aceite del motor y filtro de aceite.			X			
9. Comprobar el apriete de correa de ventilador			X			
10. Comprobar el nivel de fluido de la batería.			X			
11. Cambiar el filtro de combustible.				X		
12. Vaciar el agua del tanque de combustible.				X		
13. Lubricar bomba de refrigerante.				X		
14. Calibrar las válvulas del motor					X	
15. Comprobar y limpiar inyectores						X
16. Inspección del turbocompresor y del enfriador de aire de sobrealimentación en un taller.	A intervalos de 4,800 horas					
17. Cambiar el refrigerante del motor.	Cada dos años					

Fuente: Wartsila. *Manual de soporte de la planta, tomo 10I*. Bomba contra incendio. p. 32.

Con referencia a la tabla XXI, se describe la manera en realizar las revisiones. Tomar en cuenta algo muy importante referente a la seguridad: El equipo debe estar etiquetado y bloqueado cuando se realicen las verificaciones.

- Comprobar el nivel de aceite del motor. Con el motor fuera de servicio se debe empezar con la verificación. El nivel de aceite debe estar entre las marcas del mínimo y del máximo de la varilla del nivel. Cuando sea necesario añadir aceite, hacerlo hasta alcanzar la marca del nivel máximo
- Comprobar el nivel del refrigerante. Para abrir la tapa del radiador de manera segura se debe tener cuidado en caso que el refrigerante esté

caliente, de ser así existe una sobrepresión en el sistema y es peligroso. El nivel del refrigerante debe sobrepasar ligeramente el panel del radiador. En el tanque de expansión, el nivel del refrigerante debe estar entre las marcas MAX y MIN.

- Comprobar fugas (combustible, aceite, refrigerante). Se deben revisar todos los puntos con posibles fugas y eliminarlas lo antes posible. La bomba del refrigerante esta provista de un agujero en la parte inferior. Este agujero no debe atascarse. En caso de fugas del refrigerante por este agujero, la bomba debe ser inmediatamente reparada. Puede existir una ligera fuga en una bomba nueva antes de que ésta entre en funcionamiento.
- Limpiar el ciclón del filtro de aire. Para realizar esto el motor debe estar fuera de servicio. Quitar la abrazadera de cierre o la tuerca del ciclón. Vaciar el ciclón y limpiar la taza de vidrio. Volver a colocar esta taza de vidrio.
- Comprobación del filtro separador de agua. Abrir el grifo y vaciar cualquier cantidad de agua que pueda haberse recogido en el colector. Eliminar el combustible que probablemente se haya filtrado al colector.
- Limpiar/reemplazar el filtro de aire. Darle paro siempre al motor antes de limpiar o reemplazar el filtro de aire. Retirar la tuerca del extremo del limpiador de aire y extraer el cartucho del filtro. Si el conjunto del filtro de aire está equipado con un filtro de seguridad, no extraerlo, sino cambiarlo cada 1,200 horas. Limpiar el filtro con aire comprimido de una presión

máxima de 5 bar. El aire comprimido debería dirigirse oblicuamente desde el centro del filtro y hacia afuera.

Revisar el filtro con una luz eléctrica para comprobar que no tenga agujeros o grietas. De lo contrario hay que reemplazarlo. Cuando se instala el filtro. Comprobar que está correctamente colocado, que las juntas están en un buen estado y las superficies de junta están limpias. No apriete demasiado la tuerca del extremo del filtro de aire.

- Limpieza del sistema de refrigeración. De vez en cuando (cada mes) comprobar y limpiar el exterior del radiador. Usar aire comprimido o rociar agua para remover la suciedad y las impurezas. Se debe evitar una presión de aire demasiado elevada.
- Cambio de aceite del motor y de filtro de aceite. Hacer funcionar el motor hasta que se caliente. Darle paro al motor y proceder a bloquearlo y etiquetarlo. Retirar el tapón superior donde se agrega aceite y proceder a retirar el tapón inferior hasta vaciarlo de aceite.

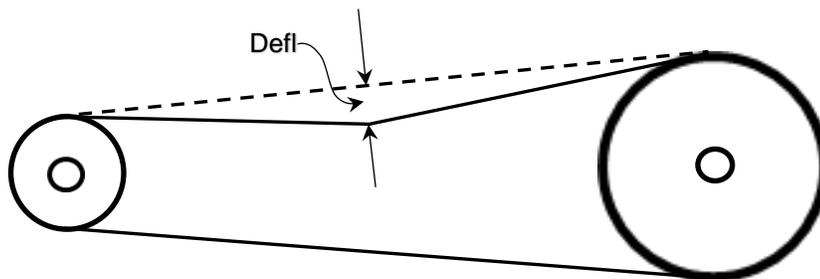
Contener el aceite en un recipiente apropiado, cuando se haya vaciado el aceite se procede a retirar el filtro de aceite.

Es recomendable limpiar los alrededores del filtro de aceite antes de retirarlo, y siempre se utiliza la llave de correa para aflojar el filtro y poderlo retirar. Antes de colocar el nuevo filtro es necesario agregar un poco de aceite al sello.

- Comprobar la tensión de la faja del ventilador. La faja tiene una correcta tensión si se flexa entre 15 y 20 mm en la parte media entre dos poleas,

ejerciendo una presión fuerte con el dedo pulgar. Cuando las fajas están flojas, desgastadas o aceitosas se deben reemplazar. Es necesario tener siempre de repuesto y anotado su código.

Figura 25. **Tensión de fajas del motor**



Fuente: elaboración propia.

- Comprobar el nivel del fluido de batería. Este fluido debe estar entre 5 y 10 mm sobre las placas de la batería. En caso contrario se debe añadir agua destilada. Mantener el exterior de la batería limpia y seca, asegurarse que el montaje de la batería es el correcto. Se deben mantener limpios los bornes y los terminales de los cables con vaselina.
- Reemplazamiento del filtro de combustible. Se debe limpiar el filtro y las áreas circundantes. Luego retirar el filtro usado. Agregar un poco de aceite a la junta del filtro nuevo y proceder a colocarlo.
- Reemplazamiento del filtro de combustible CAV. Limpiar el filtro y áreas circundantes. Vaciar el filtro de combustible abriendo el tapón de la bandeja inferior. Dejar que el combustible caiga en el contenedor y evitar derrames. Retirar el tornillo superior del filtro, al mismo tiempo que se sostiene la parte inferior. Se debe limpiar el vaso de cristal y la bandeja

inferior. Instalar las juntas nuevas y volver a montar el filtro. Se debe bombear combustible con la bomba manual hasta que el filtro este lleno.

- Vaciado del tanque de combustible. Este debe limpiarse antes del invierno. De esta manera se evitan los problemas ocasionados por el agua en el tanque de combustible. La mejor manera de evitar esto es mantener el tanque lo más lleno posible.
- Engrasar la bomba del refrigerante. Se debe usar siempre una grasa lubricante resistente al calor para rodamiento de bolas. No engrasar demasiado, ya que un exceso de grasa puede dañar los retenedores. Con dos inyecciones de una pistola engrasadora es suficiente.
- Reglaje del juego de válvulas. La holgura nominal de las válvulas de escape y admisión es de 0.35 mm. Los juegos de las válvulas pueden comprobarse tanto cuando el motor está caliente como cuando está frío. Los juegos de estas válvulas pueden reglarse cuando el pistón está en el punto muerto superior de la carrera de compresión.

Hacerlo de la siguiente manera: girar el cigüeñal en la dirección del funcionamiento hasta que las válvulas del cuarto cilindro estén oscilando (válvula de escape cerrando y válvula de admisión cerrando), y reglar el juego de las del primer cilindro.

Girar el cigüeñal medio vuelta y cuando la de escape este cerrando y la de admisión abriendo del tercer cilindro, entonces reglar las del segundo. Y así sucesivamente.

- Comprobación y limpieza de los inyectores. Para asegurar un funcionamiento sin problemas del motor, los inyectores deben mantenerse en un estado óptimo. Un mal funcionamiento provoca, un bajo rendimiento del motor, un mayor consumo del combustible, detonación del motor y humos en motores de aspiración natural.

Extraer los inyectores y Limpiarlos, sus tuberías y los alrededores.

Desmontar los tubos de inyección y la tubería de recuperación de sobrante de los inyectores.

Desmontar las tuercas de los inyectores y extraer los inyectores. Cubrir todos los puntos de conexión del porta inyector.

Figura 26. **Inyector del motor Diesel**



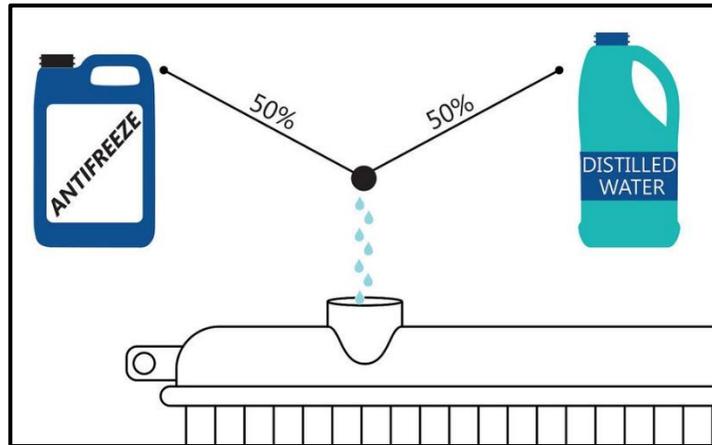
Fuente: Wartsila. *Manual de soporte de la planta, tomo 10I*. Bomba contra incendio. p. 44.

- Inspección del turbocompresor y enfriador de aire. Se recomienda que el servicio de estos equipos lo realice personal experto. Es esencial que se mantengan servicios regulares para lograr mantener el turbocompresor en buen estado. Se debe prestar atención especial a la limpieza del cartucho de filtro de aire, del aceite del motor y del cambio del filtro de aceite en los períodos recomendados. La corrección de los reglajes del equipo de inyección es esencial para el funcionamiento del compresor.
- Cambio del refrigerante. Se debe hacer el cambio del refrigerante cada dos años. De esta manera se asegura la actividad del anticorrosivo. También es necesario revisar el apriete y estado de todas las mangueras del sistema de refrigeración.

Un refrigerante ideal consiste en 50% de agua destilada y el 50 % de anticongelante. Combinar estos dos ingredientes juntos antes de verterlos en el radiador.

Se debe purgar el radiador con la tapa abierta para evitar la acumulación de presión, se le da arranque al vehículo durante 15 minutos con la calefacción encendida para permitir que todas las burbujas de aire salgan del radiador. Esto le dará más espacio al refrigerante, y luego asegurarse de agregar más líquido hasta llegar al nivel máximo. Ver figura 27.

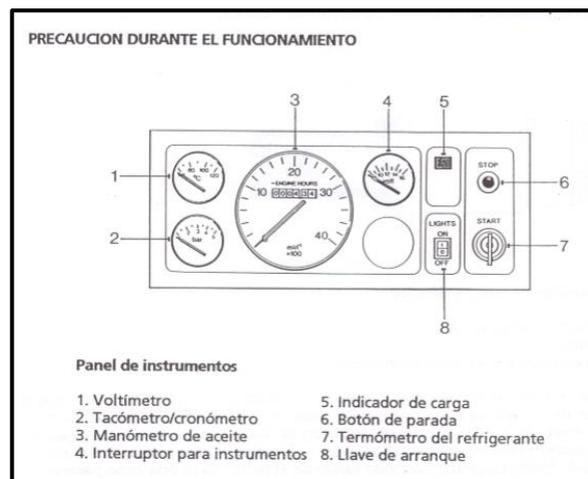
Figura 27. Líquido refrigerante para el radiador del motor



Fuente: Mundo motor. *El refrigerante*. www.mundodelmotor.net. Consulta: 25 de octubre de 2019.

Durante el arranque y funcionamiento del motor se debe tener especial atención a los valores de los indicadores del panel de control. Ver figura 28.

Figura 28. Panel de control del motor de combustión interna



Fuente: Wartsila. *Manual de soporte de la planta, tomo 10I. Bomba contra incendio*. p. 85.

3.3.3. Bombas

Las bombas deben estar siempre listas para operar sin contratiempos. Es preciso evitar que opere en seco la bomba. La temperatura máxima en los cojinetes siempre debe estar por debajo de los 90°C (medido en el exterior de la carcasa del cojinete).

Este tipo de bombas cuentan con empaquetadura de prensaestopas, por lo que deben gotear ligeramente cuando está en servicio.

Puntos a observar:

- Densidad y temperatura de la junta del eje
- Temperatura y lubricación de los rodamientos
- Ruido anormal de la bomba, oír posible cavitación

Se debe analizar los registros semanales de las pruebas realizadas, ya que con esta información se ve la tendencia de la presión, el voltaje y el amperaje de los motores, para decidir sobre trabajos de mantenimiento correctivo en bombas. La transmisión mecánica y los motores se les deben dar anualmente su mantenimiento.

3.3.3.1. Bomba Jockey

Es una bomba auxiliar de pequeño caudal diseñada para mantener la presión en la red de tuberías del sistema contra incendios y evitar la puesta en marcha de las otras bombas principales cuando hay pequeñas demandas de presión generadas en la red de tuberías.

Figura 29. **Bomba Jockey**



Fuente: elaboración propia.

A diferencia de las bombas principales, esta bomba si para automáticamente al haber alcanzado la presión máxima a la que esta seteado su presostato de paro. Vuelve a dar arranque cuando su otro indicador de presión detecta una baja y así se está ciclando para logra mantener una presión adecuada y estable. De ahí la importancia de esta bomba, pues esta se encarga de absorber las pequeñas perdidas de presión de manera automática.

Es importante que esta bomba siempre se encuentre en correcto funcionamiento puesto que cualquier pérdida de presión por insignificante que sea en la red, es compensada con un arranque y que al normalizar da paro automático.

La bomba no necesita inspecciones específicas a intervalos predeterminados. De manera preventiva se aconseja efectuar los siguientes controles dependiendo de las condiciones de funcionamiento:

- Revisar por posibles fuga
- Chequear la presión de funcionamiento
- Verificar la temperatura de la protección térmica
- Número de arranques por hora
- Ruido anormal en su operación

Tabla XXII. **Problemas, posibles causas y soluciones de bomba Jockey**

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
La bomba no funciona o proporciona un caudal reducido o inconstante	A. Tubo obstruido ó válvula bloqueada. B. Bomba sin ceba por un defecto del tubo de aspiración. (sello puede tener daños) C. Desnivelación o pérdidas de carga demasiado elevadas en aspiración. D. Sentido de rotación incorrecto. E. Aire en el tubo de aspiración o en el interior de la bomba.	A. Desmontar y limpiar o reemplazar. B. Llenar la bomba de líquido, después de haber verificado el sello mecánico, el tubo de aspiración. C. Reducir la desnivelación, utilizar un tubo de mayor diámetro D. Invertir los dos cables de alimentación de la entrada E. Purgar el aire.
La electrobomba vibra o hace ruido	A. La bomba trabaja en cavitación. B. Cojinetes del motor o de los soportes usados. C. Cuerpos extraños entre las partes fijas.	A. Parcializar el caudal B. Reemplazar los cojinetes C. Limpiar.
La bomba gira en sentido contrario cuando se la para	A. Fuga en el tubo de aspiración. B. Válvula de pie o de retención defectuosa C. Aire en el tubo de aspiración.	A. Reparar o reemplazar B. Reparar la válvula de pie C. Purgar el aire.

Fuente: Wartsila. *Manual de soporte de la planta, tomo 10I. Bomba contra incendio.* p. 47.

3.3.3.2. Bomba eléctrica

Se debe utilizar la vista, el oído y el tacto para poder detectar problemas en la bomba cuando ésta en operación. Se debe estar alerta en un determinado momento que exista un rendimiento deficiente o se escuchen ruidos anormales, también hay que estar atentos a la excesiva vibración o fugas. Las lecturas de los instrumentos ubicados en los distintos puntos de la bomba pueden indicar los tipos de fallos.

En determinados momentos cuando por alguna situación se deba reducir momentáneamente el flujo de la bomba, nunca debe cerrar la línea de succión. Si se desea reducir el flujo, entonces cierre un poco la válvula de descarga con mucho cuidado. Hay que tomar en cuenta que cualquier reducción en el flujo de la bomba producirá un sobrecalentamiento y aumentará el desgaste de los sellos y cojinetes.

Las fallas más comunes por fugas son en los estoperos o empaques por lo que debe estar atento al cambio de estos en el tiempo adecuado.

Los empaques deben ser reemplazados cuando ya no pueda controlarse una fuga excesiva aun cuando ya se haya ajustado el collarín.

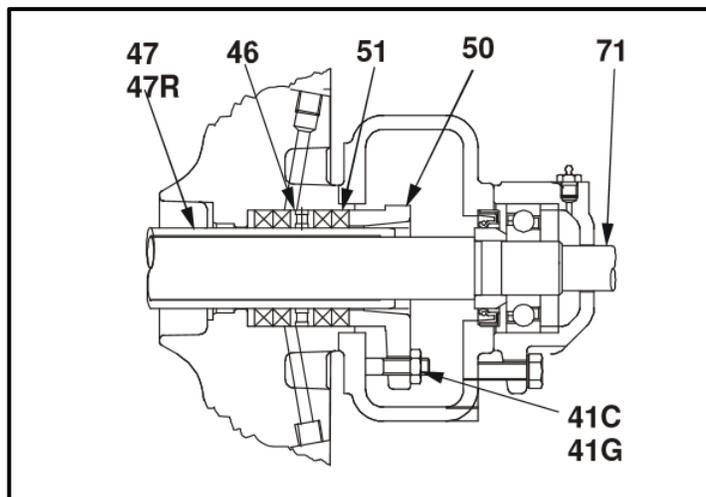
Se debe reponer todos los empaques, no se debe volver a colocar los empaques viejos o usados ni tratar de controlar las fugas agregando anillos nuevos sobre los viejos o usados.

En la mayoría de las bombas los empaques se pueden cambiar sin necesidad de abrir la bomba, solamente se debe retirar los prensaestopas.

El siguiente procedimiento se debe utilizar para retirar los empaques:

- Proceder a tramitar el permiso de trabajo, se coordina con el personal operativo y el mecánico para solicitar el permiso, con lo cual el equipo queda fuera de servicio y se hacen los preparativos para que el equipo quede de manera segura y se pueda trabajar sin ningún riesgo para el personal.
- Proceder a bloquear el equipo, el personal que opera el equipo procede a asegurar que el equipo no opere, colocando bloqueos con candados en las válvulas antes y después que se cierran y en los interruptores que dan arranque a la bomba. Cuando se tienen estos documentos, el personal mecánico inicia sus trabajos.

Figura 30. **Esquema de los empaques del eje de la bomba**



Fuente: SPP PUMPS. *Operators instructions*. p. 34.

- De acuerdo a la figura 30, se deben aflojar las tuercas de los prensaestopas (41C y 41G).
- Después de retirar las tuercas, se retiran los prensaestopas (50).
- Con un par de extractores retirar los anillos de los empaques (46).
- Después de haber retirado todos los anillos de los empaques se debe limpiar y revisar por posibles desgastes en el eje o los prensaestopas. Si todo está normal, colocar los nuevos empaques.
- Las juntas de los anillos de los nuevos empaques no deben quedar alineados, siempre se colocan desfasados. Ver figura 31.
- Después de haber colocado los anillos de empaque proceder a apretar los prensaestopas y luego se afloja un poco, dejando funcionar unos minutos la bomba para ajustar los empaques.
- Se debe tener cuidado de no apretar demasiado los prensaestopas, de lo contrario el eje se aprieta mucho y puede causar daños tanto en el eje como producir un disparo del motor eléctrico.
- Siempre se recomienda según el fabricante un pequeño goteo.

Figura 31. Vista del eje de la bomba con 4 anillos de empaques



Fuente: Sena. *Empaques*. <http://revistas.sena.edu.co/>. Consulta: 25 de octubre de 2019.

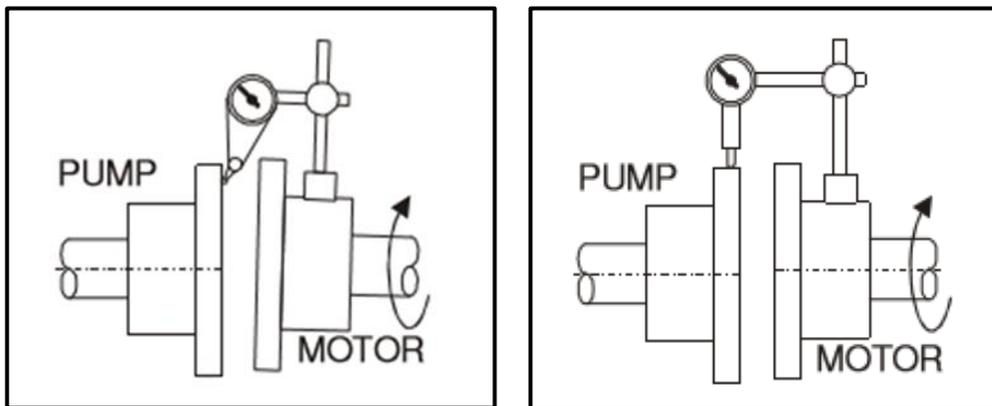
- Por lo regular se le da un par de arranques para dejar ajustados los prensaestopas regulando para evitar que el eje quede demasiado apretado o flojo.
- Costo de cambio de estopas en bombas.
- Cada lado de las bombas lleva 4 anillos de estopa de $\frac{3}{4}$ ".
- Con los dos lados de la bomba es un promedio de 1 libra de estopa.
- Estopa Marca Chesterton grafitada, su precio es de Q1,500 / libra.
- Un mecánico con Q 4,500.00/mes lo hace en 4 horas.

a Q18.75/hora son Q75.00.

Estopa	Q1,500.00
Mecánico	<u>Q 75.00</u>
Total	Q1,575.00

Que es el precio por cambiarle estopa a una de las bombas. (aprox c/ 6 meses). La alineación de los acoples entre el motor y la bomba deben procurar una buena junta, evitando la vibración o daños en los ejes.

Figura 32. **Alineamiento lateral y angular del acople de la bomba centrífuga**



Fuente: SPP PUMPS. *Alineamiento de ejes*. p. 6.

Después de hacerle mantenimiento al motor eléctrico o a la bomba es necesario rectificar los alineamientos entre los acoples. Se debe proceder de la siguiente manera:

- Para el alineamiento lateral, colocar la base del indicador en el acople del motor con el dial sobre el acople de la bomba, haciendo girar los ejes y debiendo ajustar según las lecturas del dial. Ver figura 32.

- Para el alineamiento angular, monte la base en el acople del motor colocando el dial en el acople de la bomba sobre una cara lo más lejos del eje y gire el acople de la bomba para alinearlo ajustando los equipos.

3.3.3.3. Hidrantes

Son los elementos donde se acoplan las mangueras para suministrar el agua necesaria que se va a utilizar, deben ser capaces de proporcionar grandes cantidades de agua en muy poco tiempo.

Es un elemento diseñado para suministrar agua para la lucha contra incendios durante todas las fases del fuego. Y básicamente existen dos tipos: los que están bajo tierra o de arqueta y los de columna.

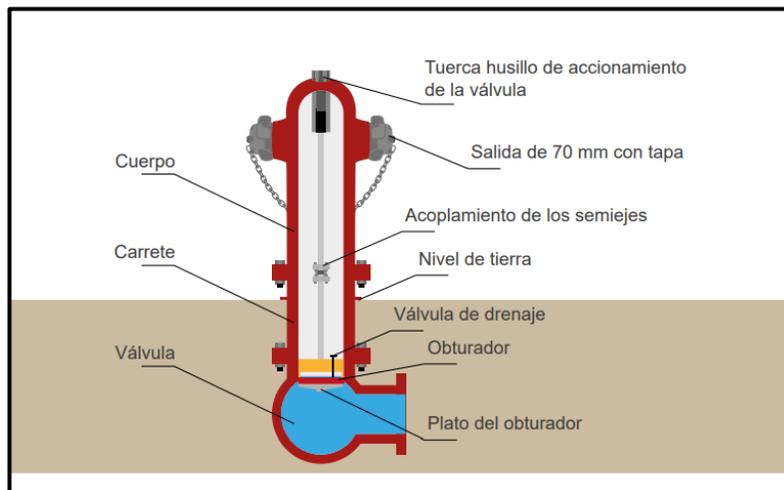
Los hidrantes de columna se dividen a su vez en húmedos y secos. En estos la diferencia consiste en que en los húmedos el agua cubre todo el tubo hasta la válvula donde se conecta la manguera, mientras que los de columna seca el agua se mantiene en la parte baja del hidrante donde está la válvula que corta el suministro de agua.

Esta división es importante porque ayuda en los lugares donde la temperatura es bajo cero y puede congelarse el agua dentro de los mismos.

En el caso de los de columna seca la pieza denominada carrete une la cabeza o cuerpo, con la válvula y su función es ajustar la distancia entre estos dos componentes que viene condicionada tanto por las condiciones del terreno y la necesidad de instalación a una profundidad determinada como por el régimen de temperaturas del lugar donde se instala, para evitar problemas por fuertes heladas.

También son apropiadas porque si son golpeadas por algún vehículo en movimiento es difícil que se produzcan fugas y asimismo dejar inhabilitado todo el sistema para su reparación.

Figura 33. **Hidrante de columna seca**



Fuente: ASEPEYO. *Hidrante de columna seca*. www.prevencion.asepeyo.es. Consulta: 25 de octubre de 2019.

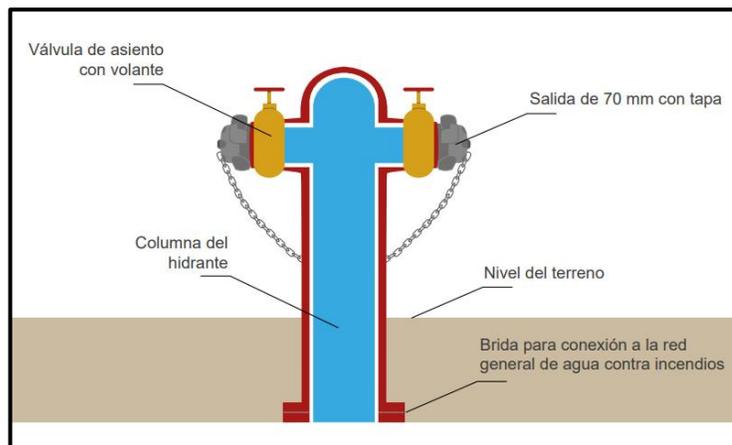
Los hidrantes de columna húmeda tienen la característica que el agua llega a la parte superior de los mismos hasta donde se conectan las mangueras, incluso ahora los de la nueva generación tienen las bocas de conexión inclinadas, formando un ángulo de 15° con respecto a la perpendicular del cuerpo del hidrante, esto evita que las mangueras colapsen o se doblen y así facilita el uso por la brigada que las va a utilizar.

Este tipo de hidrantes son los que normalmente se utilizan en todos los lugares donde no se tiene problemas de bajas temperaturas en el ambiente, aunque deben estar protegidos de golpes por vehículos en movimiento, porque

de ser así hay que dejar fuera de servicio el área dependiendo donde este la válvula que aíse esta seria de hidrantes para su reparación.

Normalmente los hidrantes son bien robustos y resistentes, con su color rojo y no utilizarlos como ornamento utilizando otros colores de pinturas y diseños artísticos.

Figura 34. **Hidrante de columna húmeda**



Fuente: ASEPEYO. *Hidrante de columna húmeda*. www.prevencion.asepeyo.es.

Consulta: 25 de octubre de 2019.

Por estar en lugares dispersos, pero ubicados estratégicamente están expuestos a las lluvias, al sol y a golpes debido al movimiento diario de vehículos o equipos.

Lo que se debe revisar periódicamente en éstos son las posibles fugas, que causan un gasto innecesario de energía eléctrica y agua.

Siempre deben estar identificados con su código respectivo y sus colores rojos característicos, para un mejor control. Son fabricados de hierro fundido con cromo pulido.

Se tienen dos tipos de hidrantes: los que están ubicados en el exterior y los que están dentro de los edificios con su gabinete incorporado.

Tabla XXIII. **Mantenimientos planificados a hidrantes**

	Trimestral	Semestral
1	Comprobar acceso a su entorno.	Engrasar tuerca de accionamiento.
2	Inspección visual, comprobar el sellado de válvulas.	Comprobar señalización
3	Retirar tapaderas, engrasar roscas.	Comprobar tapas y correcta función de sus cierres.

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Hidrantes de Plantas Las Palmas I y Palmas II respectivamente**



Fuente: elaboración propia.

3.3.3.4. Mangueras y pitones

Las mangueras que se utilizan en la planta son modelo 44-AP3, fabricados por *Guardian Fire Equipment, Inc.* Son fabricadas con un hule sintético combinado con una cubierta de un tejido de una capa, y puede ser una mezcla de algodón con poliéster o 100 % de material sintético.

La cubierta de las mangueras está precisamente tejida con hilos retorcidos para darle mejor solidez y una resistencia a la abrasión.

Por lo regular estas se dañan con el uso que se les da, pero hay que ponerle especial atención a los acoples, que suelen ser golpeados dañando las

roscas y también debido al desgaste suelen tener filo, lo que puede causar cortaduras cuando éstas se manipulan.

En cuanto a los pitones, estos regularmente se dañan por el uso, debido a los golpes que se les dan cuando están siendo utilizados causando daños en las roscas, y en ocasiones cuando son manipulados para cerrarlos lo hacen de una manera que se quedan demasiado apretados y ya no se pueden abrir debido a la presión del agua.

Las mangueras pueden sufrir daños de tipo:

- Mecánico
- Térmico
- Orgánico
- Químico

Cuando se refiere a los daños mecánicos, es cuando sufren por las manipulaciones, como desgastes, rasgaduras, abrasiones, o conexiones aplastadas. Estas se pueden evitar cuidando las mangueras de roces en bordes filosos, abriendo válvulas despacio evitando los golpes repentinos por presiones en exceso y cambiar las mangueras según los dobleces.

Los daños térmicos son los ocasionados por calores excesivos o el contacto con el fuego directo, que causa abrasiones, destrucción total de la manguera o daños irreparables. Esto se evita cuidando de colocar las mangueras en lugares muy calientes y no colocarla sobre tubos o equipos con alta temperatura.

Los daños orgánicos aparecen en el recubrimiento textil de la manguera cuando éstas se han guardado húmedas. De este modo puede aparecer moho en la superficie de las mangueras.

Los daños químicos son ocasionados por productos y vapores que pueden dañar el interior de goma y pueden hacer que el forro interior se separe del recubrimiento textil. Esto se evita lavando las mangueras con jabones líquidos, secándolas adecuadamente y evitar desplegar las mangueras en cloacas o áreas con aceite o grasas.

3.3.3.5. Detectores de humo

La limpieza es un factor a tomar en cuenta para realizarla periódicamente según el área donde están ubicados éstos. Es importante verificar el buen funcionamiento de estos, ya que son de fabricación sencilla y pueden dañarse por algún golpe que se les ocasione accidentalmente en donde están ubicados.

Se recomienda también cada seis meses inspeccionar todos los detectores por acumulaciones de suciedad y polvo. Se debe completar un programa para limpiar individualmente cada detector. Se debe hacer pruebas periódicas en detectores de humo con un emisor de gases, así como los detectores térmicos con una pistola de calor adecuada.

3.3.3.6. Alarmas electromecánicas

Semanalmente se están verificando estas alarmas, sin embargo, falta identificar cada una y ver si en efecto funcionan todas. Es preciso verificar esto. Los decibeles que emiten estas alarmas están en 96 db.

Figura 36. **Alarmas electromecánicas**



Fuente: elaboración propia.

3.3.3.7. **Sprinklers**

Deben ser inspeccionados en su base por posible corrosión, daños mecánicos, obstrucciones, pintura, etc. La frecuencia de las revisiones varía según las atmosferas corrosivas, suministros de agua y actividades alrededor de éstos.

Los que han sido pintados o dañados mecánicamente deben ser reemplazados inmediatamente. Los que dan muestras de corrosión deben ser reemplazados inmediatamente como es requerido. Cuando han sido operados no pueden ser re ensamblados o reusados. Cuando reemplace *sprinklers*, use solamente nuevos.

La forma de la descarga del *sprinkler* es crítica para la protección en caso de incendios, por lo que nada deberá obstruirla y cualquier obstrucción debe ser removida inmediatamente o si fuera necesario instalar adicionales.

El mantenimiento de estos rociadores se recomienda según NFPA en enviarlos a un laboratorio cada 20 años pues por lo regular estos pueden pasar mucho tiempo sin ser probados, aparte que hay que estar atentos en caso de ser dañados por alguna causa.

Cuando realice cualquier reemplazo deben estar enteradas las autoridades correspondientes para la autorización respectiva.

La revisión periódica de estos es clave en su conservación y su respuesta a una emergencia de manera eficiente.

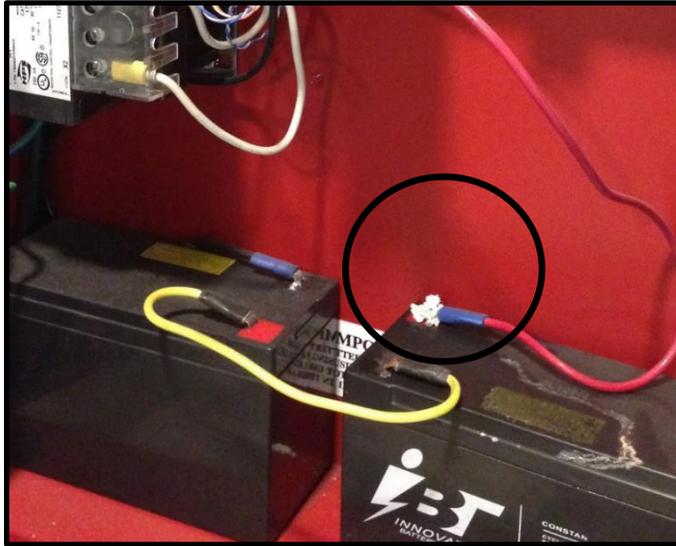
3.3.3.8. Paneles eléctricos de control

El problema principal de estos paneles son daños causados por cualquier situación debido a que cuando se accede a éstos se dejan abiertos y expuestos inicialmente al ambiente, a cualquier insecto que ingrese a los paneles o manos curiosas que pueden provocar ciertos daños.

El mantenimiento a estos paneles debe ser semestralmente siendo más que todo limpieza, posible ajuste a las puertas y verificar su funcionamiento normal.

Otro problema que hay que verificar son las conexiones a las baterías que dan la energía de respaldo, porque es normal que los bornes se llenen de sarro del ácido de la batería. Ver la figura 37, un borne con sarro en la batería de respaldo.

Figura 37. **Panel eléctrico de control**



Fuente: elaboración propia.

3.3.3.9. Tuberías y accesorios en general

Las tuberías en general están expuestas a daños mecánicos, ambientales y químicos. Entre los daños mecánicos, es común que las tuberías sufran golpes por movimientos de grúas, montacargas y montajes varios de equipos en las áreas donde estas tuberías están instaladas, esto pasa especialmente cuando no están pintadas o señalizadas de una manera adecuada.

Los daños causados por el medio ambiente a los equipos son porque éstos están instalados en el exterior y aquí es común el daño en las empaquetaduras de neopreno negro que se utiliza en bridas o sellos de válvulas, incluso en las bases de los hidrantes. Estas bridas están constituidas por tornillos que las sujetan y que son bien susceptibles al oxido.

Los daños ocasionados por agentes químicos suceden en caso que en el área donde se manejen químicos debido al uso de estos, exista posibilidades de derrames sobre las tuberías o equipos del sistema, al detectar este problema es de corregirlo de inmediato.

En las plantas el problema principal es la corrosión de los tornillos que sujetan las bridas en todo el sistema de tuberías. Hay que solucionarlo revisando y realizando un monitoreo periódico para evitar daños en un futuro.

3.3.3.10. Estación de bombas

La situación en estas estaciones deriva en que son ambientes con poca circulación de personal, por lo que el mantenimiento a estos ambientes es escaso, y hay que estar pendientes, porque cuando se llega a utilizar es porque hay una emergencia en progreso.

Es importante anotar que se deben revisar todas las empaquetaduras por posibles filtraciones de agua de lluvia, observar presiones de agua cuando el equipo está en operación y estar atentos a cualquier situación anormal. También se debe observar que la ventilación no se vea afectada. Los accesos deben estar libres de cualquier obstáculo.

La limpieza es parte importante del área, por lo que es necesario hacer énfasis en el personal que esta área al igual que todas las demás debe estar libre de desechos producidos por trabajos varios, o agua acumulada por fugas.

La iluminación debe estar siempre de la mejor manera y las lámparas adecuadas para poder realizar cualquier actividad dentro de la misma.

3.3.4. Mantenimiento correctivo a los equipos

3.3.4.1. Descripción general

“Se denomina Mantenimiento Correctivo a aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.”³

Cuando se presentan fallas imprevistas a los equipos, los colaboradores deben proceder a realizar un reporte que indica la falla y el equipo, este reporte se asigna al personal mecánico, eléctrico o instrumentista según sea el caso.

Para que estas fallas sean verificadas y solucionadas en el tiempo adecuado se debe trabajar con indicadores mensuales.

Estos deben ser evaluados cada mes por el encargado del área para poder tener datos reales sobre el mantenimiento.

Los resultados y beneficios que se consiguen al incorporar un mantenimiento correctivo se pueden mencionar lo siguiente:

- Incrementar la seguridad del edificio
- Evitar pérdidas económicas al afectar operación del edificio causadas por fallas o daños en el sistema contra incendios.

³ Wikipedia. *Mantenimiento correctivo*. https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_correctivo. Consulta: 19 de febrero de 2019.

- Permite la prevención de accidentes que perjudican la operación del edificio y la seguridad de sus ocupantes.
- Reduce el costo de reparaciones al mantener el sistema o componentes del sistema contra incendios operativos.

3.3.5. Ahorro energético en las bombas

El ahorro energético es clave en las empresas hoy en día, forma parte importante del desarrollo sostenible y es necesario para economizar los recursos disponibles, esto evita gastos innecesarios en energía eléctrica que pueden ser controlados de acuerdo a revisiones periódicas de los equipos con instrumentos de medición bien calibrados.

La presión de agua en el sistema contra incendios es mantenida por la bomba Jockey que es la más pequeña en capacidad, es monitoreada por elementos de medición de presión como lo son los presostatos, que, al detectar una baja de presión en el sistema, envía un pulso para darle arranque a la bomba jockey, esto en situaciones normales. En condiciones de emergencia la situación cambia.

Cuando existen fugas de agua en el sistema debido a válvulas con problemas de empaquetaduras o desgaste, alguna unión de tuberías o cualquier otro problema, causa que la presión no se mantenga estable haciendo que la bomba este dando arranque continuamente causando un gasto innecesario de energía eléctrica.

Es bien importante las revisiones periódicas para detectar fugas de agua y juegan un papel importante la bomba jockey y los presostatos que deben ser

calibrados periódicamente por personal competente para comprobar su medición correcta.

Actualmente se están verificando los instrumentos utilizando el FLUKE 718G con un simulador de presión, con el cual se comprueba si el elemento se puede calibrar o ser descartado.

Figura 38. **Presostatos de arranque y paro de bombas**



Fuente: elaboración propia.

Los instrumentos utilizados para medir la presión y mantenerla en un rango son los Presostatos o interruptores de presión. Son los encargados de detectar presiones bajas o altas según su configuración para cerrar o abrir un circuito.

Su funcionamiento es bien sencillo, aunque hay de varios tipos básicamente el fluido ejerce presión sobre un pistón interno moviéndolo y lo hace unir dos contactos o en el caso contrario la presión mueve el pistón en el sentido contrario y esto hace que los dos contactos se separen.

Las presiones a las que se mueven estos instrumentos se pueden graduar según sea el caso de nuestros requerimientos y para esto cuentan con un tornillo ajustable el cual se mueve hasta encontrar el valor de la presión que se necesita. Por lo que se tendrá dos ajustes independientes: La presión de encendido y la presión de apagado. No esta demás indicar que estos instrumentos de por sí solos no dan arranque a las bombas sino se ayudan con relés eléctricos o contactores. Estos solo dan señal de apagado o encendido.

Figura 39. **Presostato mecánico**



Fuente: WIKA. *Presostato mecánico*. bloginstrumentacion.com. Consulta: 20 de febrero de 2019.

Figura 40. **Presostato electrónico**



Fuente: WIKA. *Presostato electrónico*. bloginstrumentacion.com. Consulta: 20 de febrero de 2019.

Este tipo de presostatos de las figuras 39 y 40 tienen ventajas y desventajas dependiendo del uso. Los mecánicos solo dan un pulso de señal de desconectado o conectado, mientras que los electrónicos pueden dar varias señales, como alarmas a distintas presiones y también los pulsos de conectado o desconectado.

En la figura 41 se puede ver el manómetro utilizado para indicar la presión en el sistema contra incendios, en promedio se mantiene a 150 psi y de esto se encargan de controlar los instrumentos respectivos y la bomba jockey.

Se logró mantener la presión en este rango, cerrando las válvulas que aíslan los hidrantes y cambiando estopas a varias válvulas que tenían fugas, así como se arregló los estoperos de las bombas.

Figura 41. **Manómetro indicando presión de bombas**



Fuente: elaboración propia.

3.4. Formatos propuestos para registrar el mantenimiento realizado

Actualmente existen varios formatos utilizados en el sistema contra incendios, como PAL-401-21-F1 *Chek list* Sistema contra incendios Operador III, utilizado para poner en operación las tres bombas sucesivamente utilizando un hidrante que se va rotando hasta completar la prueba con todos. Esta prueba se realiza cada 8 días. Este formato es utilizado por personal de operaciones en la Planta Las Palmas I.

El formato PAL-H&S18(07)-F3 Inspección de gabinetes e hidrantes sistemas de extinción de incendio H&S 18 es utilizado para revisar los cajones donde se guardan las mangueras y pitones, para luego hacer una inspección visual de los hidrantes. Este formato lo utiliza el departamento de Seguridad Industrial para la Planta Las Palmas I.

El formato IPAL2-401-31-F1 CHECK LIST PRUEBA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO, es utilizado para realizar la prueba semanal del sistema, durante se realiza se prueba un hidrante a la vez, utilizado en Planta Las Palmas II.

El formato PAL-H6S18(07)-F4 Inspección de gabinetes e hidrantes sistemas de extinción de incendio, el cual se utiliza para revisar todos los cajones utilizados para guardar las mangueras, pitones y accesorios. Se utiliza en Planta Las Palmas II.

Para la revisión del resto del equipo no se tiene un formato por lo que es necesario considerar uno que permita tenerlo registrado.

3.4.1. Instrucciones de seguridad

La empresa Orazul Energy se caracteriza por un estricto sistema de seguridad industrial que consiste en trabajar en cualquier equipo de la manera más segura posible. Tomando como base esto, cuando se realiza cualquier trabajo de mantenimiento se debe proceder a utilizar documentos como Permisos de Trabajo, los cuales van firmados por las partes involucradas, así como los bloqueos físicos en los equipos y sus formatos respectivos, previamente haber eliminado las energías peligrosas involucradas en estos sistemas.

El formato del permiso de trabajo, debe incluir los siguientes datos:

- Número de orden de trabajo, Este número lo coloca el sistema automáticamente.

- Numero de permiso, es por día trabajado. Si el trabajo dura varios días, así serán éstos.
- Descripción del trabajo a realizar, debe ser clara en su redacción para que el que la ejecute no tenga dudas sobre el trabajo.
- Ubicación física el equipo.
- Código y nombre del equipo a intervenir, todos los equipos deben tener un código para su fácil identificación.
- Tipo de mantenimiento.
- La hora de inicio del trabajo, el cual estará habilitado para un máximo de 12 horas.
- Nombre del responsable que ejecuta el trabajo y su firma.
- Nombre del que emite el permiso de trabajo y su firma.

La orden de trabajo o permiso de trabajo puede ser elaborada por las siguientes justificaciones:

- Por trabajos directos. Una persona ve la falla y el mecánico crea la Orden de trabajo de manera directa y realiza el trabajo, solicitando apoyo al personal que opera dicho equipo.
- Por solicitud de servicio. Una persona observa la falla, realiza una solicitud de servicio, la reporta al departamento respectivo y luego de

analizarla proceden a realizar la Orden de trabajo y se coordina con el personal de operaciones.

- Por órdenes planeadas. El sistema de control de la planta tiene asignadas tareas planificadas en el tiempo y las va asignando automáticamente a cada departamento.

En este procedimiento también está especificado el equipo de protección personal que deben portar los que van a realizar los trabajos, por lo que son inspeccionados constantemente mientras llevan a cabo las actividades.

Al dar por finalizado el trabajo, ya sea que esté concluido por completo o quede pendiente para el otro día y antes de retirarse de la planta se procede a cerrar el permiso de trabajo debiendo firmar el que lo emitió y el que lo realizó.

El procedimiento para trabajar de manera segura indica que cuando se va a trabajar en un equipo éste debe ser bloqueado, para esto se utiliza un formato donde se listan los candados o bloqueos instalados en los puntos para asegurar que el ejecutante no va a sufrir ningún daño.

Este bloqueo es lo más importante cuando se realizan trabajos de mantenimiento porque de esto dependen pérdidas materiales o en el peor de los casos pérdidas humanas. Por lo que se le debe dar la importancia del caso. El procedimiento indica que cuando se colocan bloqueos, estos lo deben hacer las personas que van a realizar el trabajo y los que van a dar el permiso respectivo. Luego de verificar la correcta instalación de estos bloqueos proceden a firmar las personas involucradas.

El formato de registro de bloqueo, debe incluir los siguientes datos:

- Numero de permiso de trabajo con el cual está asociado
- Numero de formato de bloqueo
- Nombre de quien solicita el bloqueo
- Descripción del trabajo a realizar
- Motivo del bloqueo
- Ubicación física del bloqueo
- Fecha en que se coloca el bloqueo
- Hora de inicio de bloqueo
- Listado detallado de los bloqueos que se colocaron, con su número de candado y ubicación.
- Nombre y firma del supervisor de turno.
- Nombre y firma del Colaborador que coloca los bloqueos.
- Nombre y firma de quien solicita los bloqueos.

Al terminar los trabajos, el colaborador que solicitó el bloqueo debe entregar el registro de bloqueo y debe ser firmado de cierre para que el personal pueda retirar todos los candados que se colocaron y habilitar de nuevo los equipos.

3.4.2. Indicadores para realizar los mantenimientos

Muchas empresas menosprecian la medición del desempeño en la gestión del mantenimiento, lo que es considerado un error, pues sin importar el tamaño y la naturaleza de cada organización, se necesita medir el resultado de los trabajos ejecutados para determinar su comportamiento y su contribución al éxito de la gestión integral del negocio.

Es necesario anotar algo muy importante: Lo que no se mide no se conoce, lo que no se conoce no se administra y lo que no se administra no podrá ser mejorado.

Lo ideal al definir los indicadores es contar con un sistema de información automatizado, el cual facilita el procesamiento rápido de los datos necesarios.

Los softwares actuales manejan información en tiempo real, pero deben ser alimentados con los datos correspondientes.

Por lo regular se fija un valor que puede ser una meta a la cual se debe llegar con estos indicadores. Se debe tener cuidado en utilizar indicadores que no ofrecen información útil, haciendo difícil el proceso de toma de decisiones. También se deben fijar metas reales y alcanzables, no imposibles.

El trabajar con indicadores da certeza de que los reportes de servicio por alguna falla asignados han sido efectuados, ya que se debe llevar un control sobre el proceso de éstos.

Estos datos son tabulados mensualmente por un departamento encargado y son presentados en una reunión mensual donde son convocados los gerentes de los diferentes departamentos y de la cual se toman las decisiones respectivas para agilizar o administrar de mejor manera los mantenimientos de acuerdo a lo prioritario.

También se toman decisiones sobre la capacidad que tiene cada departamento acerca de si estos trabajos se pueden realizar con el personal con que cuenta la empresa, se debe contratar personal externo o adjudicarlo a una empresa externa.

Los siguientes son los indicadores a utilizar en el sistema contra incendios:

- Atención al cliente interno

Este indicador establece que todas las inconsistencias o averías en los equipos que han sido reportadas por el personal de la planta con su respectivo documento de solicitud de servicio durante el mes deben ser atendidas al 100 %.

Por lo regular el personal que opera los diferentes equipos en la planta son los que reportan las fallas. Para realizar el reporte se necesita llenar un formato y el sistema lo envía al departamento respectivo.

El colaborador que va a reportar la falla debe tener bien claro el nombre del equipo y detallar la falla para que la atención a la misma sea de una manera efectiva. Una solicitud de servicio es un documento que lo hace el colaborador que reporta una falla o avería en un determinado equipo, y se debe llenar con los siguientes datos:

- No. de solicitud, la crea el sistema que administra estos documentos.
- Fecha en que se realiza, también la coloca el sistema.
- Nombre de quien reporta la falla.
- Código y nombre del equipo que tiene la falla.
- Descripción de la falla, debe ser lo más explícito posible.
- Se debe anotar la prioridad del trabajo, esta consiste en colocarle un numero desde 1(prioridad 1) hasta 4 (prioridad 4).
- Departamento al cual se le asigna la falla, puede ser falla eléctrica, mecánica, instrumentación, soldadura y otros.

Cada solicitud realizada el sistema la envía al departamento respectivo, la cual es recibida por el supervisor, quien es el encargado de asignarlas a su personal según sus capacidades para poder ser ejecutadas.

El seguimiento a las tareas es responsabilidad el supervisor quien se encarga de verificar en el campo para que sean realizadas en el tiempo y la efectividad adecuada. Solicitando las pruebas respectivas para asegurar que los trabajos fueron realizados de acuerdo a los requerimientos necesarios. Se debe tomar en cuenta que todo el proceso debe contar con la coordinación de los departamentos involucrados para que los equipos queden fuera de servicio y sus bloqueos respectivos.

Este indicador se cuenta al 100 % cuando todas las solicitudes de servicio han sido atendidas durante el mes.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Atención al cliente interno (\%)} = \frac{\text{SSA/mes}}{\text{SSR/mes}} \times 100 \%$$

Dónde:

SSA/mes, son solicitudes atendidas en el mes,

SSR/mes, son solicitudes reportadas en el mes.

- Eficacia en ejecución de mantenimiento correctivo

En este indicador se toman en cuenta las órdenes de trabajo realizadas durante el mes. Aquí se incluyen las de mantenimiento correctivo.

Las órdenes de trabajo del mantenimiento correctivo son realizadas de acuerdo a las solicitudes de trabajo que fueron asignadas según su departamento. Las solicitudes son analizadas por el supervisor y si son viables se hace la Orden de Trabajo correspondiente.

Estas OTs son administradas por los supervisores de los diferentes departamentos quienes se encargan de asignar según especialidad de su personal, darle seguimiento al avance de los trabajos y ver existencia de repuestos. Cuando un trabajo ha sido terminado a satisfacción del cliente, luego de realizar las pruebas respectivas, entonces procede a cerrar las órdenes de trabajo y aquí es donde ingresa a contar como trabajo concluido.

Cuando el total de órdenes de trabajo emitidas durante el mes han sido cerradas entonces se cumple con el 100% de este Indicador.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Eficacia Manto. Correctivo} = \frac{\text{OT cerradas/mes}}{\text{OT generadas/mes}} \times 100\%$$

Donde:

OT cerradas/mes, son las ordenes de trabajo cerradas en el mes.

OT generadas/mes, son las órdenes de trabajo generadas en el mes.

- Eficacia en ejecución de mantenimiento preventivo

Las ordenes de Trabajo del mantenimiento preventivo son asignadas por el sistema y que fueron programadas según los requerimientos del fabricante al inicio de operaciones de los equipos, por lo regular fueron tomadas de los manuales de los equipos y son asignadas mensualmente según la información ingresada al sistema que son las planificadas anualmente. Se les llama órdenes de trabajo planeadas.

La coordinación de todas estas órdenes de trabajo es vital para que se puedan llevar a cabo sin ningún tipo de problema y lo ideal es que se realice con el personal de la empresa con que se cuenta. Aquí es importante la existencia de los repuestos respectivos, por lo que deben ser bien coordinadas.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Eficacia Manto. Preventivo} = \frac{\text{OT cerradas/mes}}{\text{OT generadas/mes}} \times 100\%$$

Donde:

OT cerradas/mes, son las ordenes de trabajo cerradas en el mes.

OT generadas/mes, son las órdenes de trabajo generadas en el mes.

3.5. Pruebas del sistema contra incendios para medir su eficiencia

Las pruebas de eficiencia del sistema contra incendios se hacen basadas en la norma NFPA 25, Norma para la inspección, comprobación y manutención de sistemas hidráulicos de protección contra incendios.

A continuación, una declaración de David Hague, Ingeniero Senior en Protección contra Incendios de la NFPA:

El antecedente de la NFPA 25 fue la Práctica Recomendada NFPA 13A, vigente desde aproximadamente el año 1939. Al tratarse de una práctica recomendada, al igual que la NFPA 14A, su cumplimiento no era obligatorio. Uno de los motivos por el cual fue convertida en norma era otorgarle cierto carácter de obligatoriedad.

La razón principal por la que se creó el comité fue debido a que el mantenimiento inadecuado era uno de los factores que contribuía a las fallas de los sistemas.

Específicamente, el 35 por ciento de los casos de fallas en los sistemas se debía a una causa de fácil solución, como el cierre involuntario de una válvula, cualquiera fuera el motivo—tal vez el mantenimiento, tal vez intencionalmente, o tal vez por error. Esta norma presta considerable atención a ese problema específico.

Requiere que se lleven a cabo inspecciones semanales, y en ciertos casos mensuales, de las válvulas, a fin de garantizar que las mismas estén abiertas cuando deban estarlo.

Parte de la atención que actualmente se le presta a la Norma podría derivar de los sucesos del 11 de septiembre, como la necesidad de mantener los sistemas en condiciones operativas, especialmente cuando se trata de infraestructuras críticas o en áreas que pudieran verse afectadas por un ataque terrorista.

Los sucesos que tuvieron mayor impacto sobre la norma NFPA 25 se produjeron en los años 90, con los incendios ocurridos en el rascacielos One Meridian Plaza y en el Banco de Comercio Interestatal, en California. Ese incidente tuvo un tremendo impacto sobre el capítulo que describe las tuberías verticales, dado que se vieron involucrados los sistemas de tubería vertical y la falta de conocimientos sobre dichos sistemas.⁴

⁴HAGUE, David. *Documento importante*. <https://www.scribd.com/document/414778424/Documento-Importante>. Consulta: 20 de febrero de 2019.

Como se puede ver esta norma internacional es la que rige todas las pruebas para poder ser verificadas y que cumplan con los requerimientos necesarios para que la instalación sea certificada.

A continuación, se puede leer más características de esta norma:

NFPA 25, Inspección, Prueba, y Mantenimiento de Sistemas Hidráulicos de Protección contra Incendios, ofrece una guía para las pruebas del equipamiento de protección contra incendios, obstrucción, investigación, y programas de falla.

También establece requerimientos generales para el propietario u ocupante de las instalaciones.

Mediante inspecciones periódicas, pruebas y mantenimiento, el equipo deberá verse en buenas condiciones operativas, o deberá conocerse cualquier defecto o falla.

El propietario u ocupante deberá prontamente corregir o reparar las deficiencias, partes dañadas, o fallas encontradas durante el desarrollo de los requerimientos de inspección, prueba y mantenimiento de esta norma.⁵

Además, la Sección 4.1.4 establece:

La prueba hidrostática al sistema se debe realizar cada 5 años según la norma o cuando hay posibilidad de algún daño por fugas de agua. Se debe probar con aire comprimido inicialmente a 25 psi, luego con agua a 200 psi.

La prueba de flujo se debe realizar cada cinco años en la manguera más lejana del sistema central para verificar que el suministro continúa sin variantes a la inicial.

⁵ NFPA 25. Norma para la inspección, comprobación y manutención de sistemas hidráulicos de protección contra incendios. *Sistemas hidráulicos y suspensión de extinción*. <https://www.nfpajla.org/archivos/exclusivos-online/sistemas-hidraulicos-supresion-extincion/979-identificando-y-evitando-el-mal-funcionamiento-en-el-suministro-de-agua-y-en-sistemas-de-rociadores>. Consulta: 20 de febrero de 2019.

3.5.1. Planificación de las pruebas

El sistema contra incendios debe estar siendo puesto a prueba constantemente para demostrar su confiabilidad, actualmente se están realizando las pruebas semanales que dan una indicación de cómo está operando el sistema.

3.5.1.1. Pruebas semanales

Al realizar las pruebas semanales en el sistema contra incendios, hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Portar siempre el EPP (Equipo de protección personal), Guantes, casco de protección, lentes, zapatos de seguridad y camisa de manga larga.
- Contar con protección auditiva.
- No exponerse a chorros directos del agua.
- Evitar subir y bajar gradas con zapatos mojados.
- Estar pendientes a cualquier fuga de agua por fallas en el equipo.

Cuando se realizan las pruebas semanales no hay que olvidar que se deben de realizar coordinadamente con el resto de personal, estas pruebas ponen en funcionamiento todos los sistemas, por lo que las sirenas y alarmas electromecánicas serán activadas causando su ruido característico a 96 db, por lo que el personal debe estar preparado con tapones para oídos.

Las pruebas semanales se hacen los martes en Planta Las Palmas I y los días miércoles en la Planta Las Palmas II.

El procedimiento utilizado es el siguiente:

- Se necesitan dos personas para realizar esta prueba. Una en el campo abriendo válvulas y revisando equipos, un segundo colaborador en el cuarto de control que se encarga de darle *reset* y silenciar las alarmas.
- Se prepara el registro a ser llenado con todos los datos para iniciar la prueba semanal.
- Se revisa que Hidrante se va a utilizar. Cada vez que se hace esta prueba se abre un hidrante distinto. Se realiza de esta manera para darle mantenimiento a las válvulas, revisar su accionamiento y lubricarlas si fuera necesario.
- Se da aviso al cuarto de control de la planta sobre la prueba que se va a realizar. Esto porque se activan las alarmas sonoras y visuales del sistema contra incendios.
- Se verifican las presiones de agua en el sistema y se anotan en el registro.
- Se procede a abrir el hidrante, al bajar la presión en el sistema las alarmas deben activarse, y se da *reset* a las alarmas en el cuarto de control.

- Cuando la bomba eléctrica detecta una baja presión, debe arrancar. Se deja diez minutos en operación.
- Mientras las bombas están en servicio deben anotarse los valores de voltaje, amperaje y presión de agua en el sistema.
- Se procede a parar manualmente la bomba eléctrica.
- Al detectar el sistema una baja de presión del agua, la bomba Diesel debe arrancar. Esta se deja en operación alrededor de 30 minutos, esto por norma. Luego de transcurrir ese tiempo, se procede a cerrar el hidrante por completo y después se procede a parar la bomba Diesel.
- Se anotan los valores finales de la prueba y se da por terminada la prueba.
- Como último paso se normalizan los niveles de combustible y agua y se deja el equipo listo por cualquier eventualidad.
- Si se detecta alguna avería o equipo que no opera normalmente se debe hacer el reporte respectivo al departamento que le compete.

Es importante anotar que, aunque estas pruebas semanales no forman parte de las pruebas de eficiencia, si ayudan a demostrar la forma en que opera el sistema, indican como están las presiones de las bombas y se pueden tomar mediciones eléctricas como amperaje y voltaje de los motores de las bombas.

3.5.1.2. Pruebas anuales

Las pruebas para medir la eficiencia en el sistema contra incendios se deben realizar de manera anual. Su importancia es vital porque es donde se demuestra la capacidad y su respuesta a cualquier eventualidad donde se necesite utilizar todo el sistema.

El objetivo principal de estas pruebas es comprobar que estos equipos son capaces de salvar vidas y proteger propiedades.

Los instrumentos de medición son muy importantes en este tipo de pruebas, porque estos se utilizan para medir todos los valores necesarios. Por lo que deben ser confiables al momento de ser utilizados. Esto implica que deben ser verificados por personal capacitado para el efecto.

Para los gerentes y propietarios de edificios, es necesario que el enfoque de estas pruebas se centre en la economía y algunas sugerencias acerca de cómo minimizar los costos.

Uno de los costos más elevados en las pruebas de eficiencia de los sistemas contra incendios se debe a la contratación de personal externo o contratista para realizar inspecciones a válvulas y manómetros de presión.

Se puede capacitar al personal interno para que efectúen las inspecciones como parte de sus obligaciones de rutina, haciéndolas periódicamente. Lo primordial es registrar las actividades y los resultados de una manera detallada y que cumpla con las normas adecuadas.

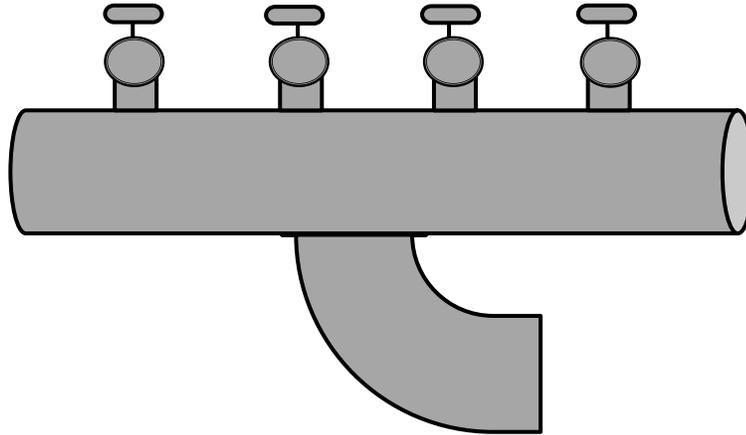
Hoy en día, todos están más preocupados en quien es responsable y a quien echarles las culpas. Sin embargo, las Norma NFPA 25 indica que la responsabilidad directa es del propietario del edificio o su parte legalmente designada.

Otro punto muy importante es sobre los colaboradores que son asignados para realizar las pruebas, quienes deben tener el conocimiento y la pericia necesaria para desempeñar correctamente las tareas. Por lo que es necesario que hayan adquirido las competencias correspondientes por medio de la capacitación y la experiencia.

Para realizar las pruebas anuales de eficiencia del sistema contra incendios de cada planta se necesita contar con un cabezal de válvulas que cuenten con una boquilla de prueba y son especificadas por flujo a una presión específica.

El cabezal de pruebas de Planta Las Palmas I, se necesita fabricar y para eso se va a utilizar tubería que quedo del proyecto de construcción de Planta Las Palmas II. Esta tubería ya está fuera de inventario por lo que no será necesario comprar. En el caso de las boquillas se encuentran en la bodega las cuatro que se necesitan.

Figura 42. **Cabezal de pruebas para Planta Las Palmas I**



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los costos de la construcción del cabezal estos quedan así:

Tubería fuera de inventario,	
Boquillas son nuevas a \$69.92 (x 7.7)	Q 538,38
Soldador Q5,000.00/mes en treinta días	Q 5 000,00
Electrodo, pintura y varios	<u>Q 550,00</u>
Total	Q 6 088,38

Son cuatro boquillas de 333 gpm, de diámetro de 1 ½”, que dan un flujo de 1 332 gpm. El flujo nominal de la bomba es de 1 333 gpm.

En el caso de La Planta Las Palmas II, al realizar el cálculo respectivo se utilizarán 6 boquillas de 333 gpm a 125 psig. La presión nominal del sistema es de 125 psig a un flujo nominal de 2 000 gpm. Ver figura 43. Cabezal de válvulas para pruebas de eficiencia.

El objetivo de la prueba es que se pruebe las bombas a plena carga de flujo a la presión de operación o diseño.

Figura 43. **Cabezal de válvulas para pruebas de eficiencia**



Fuente: elaboración propia.

El sistema de la Planta Las Palmas I tiene una capacidad nominal de 1 333 gpm a una presión de 125 psig. Por lo que se debe colocar un cabezal con cuatro boquillas de 333 gpm, con este diseño se consigue la presión y caudal nominal del sistema.

La planificación de esta prueba debe consistir en hacer un cabezal de 10" de diámetro con cuatro boquillas distribuidas a lo largo del cabezal con una separación de cercano a la estación de bombas y debe estar dirigido hacia el sur por el espacio reducido que se tiene en la planta.

3.5.2. Resultados de las pruebas

Cuando se han realizado las pruebas y se han recolectado todos los datos, se procede a analizar los resultados por medio de las gráficas realizadas a partir de la información obtenida.

Se pueden obtener datos muy buenos que demuestren que el sistema está en condiciones de responder a una situación de emergencia, proveyendo de una buena presión en las mangueras y el suministro adecuado de agua.

También se puede encontrar algún defecto en el sistema que sea necesario reparar o algún descuido operativo en cuanto a los equipos.

“La NFPA 25 incluye dos definiciones importantes: “Deficiencia crítica” y “Deficiencia no crítica”. Una deficiencia crítica es aquella que si no es corregida puede tener un efecto en la operación del sistema contra incendios. Una deficiencia no crítica es una que no tiene efecto en la operación del sistema, pero que debe ser corregida para que pueda hacerse la inspección correctamente.”⁶

Un fallo en alguna bomba que provoque problemas operativos es crítico, porque debe repararse de la manera más rápida posible. Cuando un tanque de agua no está a su nivel máximo, puede ser una falla operativa y puede considerarse como Deficiencia Crítica, mientras que si un manómetro no está indicando la presión correcta se puede definir como una deficiencia no crítica.

Antes de realizar las pruebas anuales todos los equipos se requieren que estén revisados y probados.

⁶ MONCADA, Jaime. *Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas contra incendios*. <https://articuloscontraincendio.org/artcls-otros-sis-pci#33f13f6c-ff71-4369-ba76-512f22845dc4>. Consulta: 20 de febrero de 2019.

3.5.3. Formatos para registrar las pruebas

En la sección de apéndice se encuentran los formatos respectivos. Se van a utilizar formatos para tomar datos en cada planta.

Se deben realizar pruebas para cada bomba con su formato respectivo donde la prueba consiste en abrir sucesivamente cada válvula tomando los datos respectivos, hasta completar la apertura de todas en el cabezal.

Debido a que el sistema cuenta con una recirculación es necesario realizar la prueba también en este circuito, por lo que se va a utilizar otro formato para los datos necesarios.

4. FASE DE DOCENCIA

4.1. Presentación de la propuesta del plan de conservación de los equipos

Con el objetivo de que todas las reparaciones y mejoras al sistema contra incendios puedan ser sostenibles en el tiempo contribuyendo a que el sistema sea confiable, debe haber un plan de inspecciones y mantenimiento diseñado según las condiciones del sistema y también debe haber un control estricto de seguimiento para que las tareas sean cumplidas según el mencionado plan.

El sistema contra incendios es vital en la operación de las plantas, debido a la importancia que éste tiene en la detección y prevención de siniestros de incendios los cuales pueden llegar a causar pérdidas parciales o totales, involucrando equipos, materiales y personal humano.

El plan de conservación de este sistema debe ser continuamente revisado y darle seguimiento al registro de los datos generados por las pruebas semanales, ya que van a ser una herramienta valiosa para identificar las posibles pérdidas de eficiencia y sus causas.

El registro continuo de los datos generados de la operación de los distintos equipos va a ser muy útil para detectar las desviaciones de un funcionamiento normal e indicará las áreas donde se va a necesitar mayor atención. Este debe ser de manera continua para poder darle trazabilidad a todos los datos y así establecer acciones del tipo adecuado para poder demostrar la confiabilidad del sistema.

Básicamente, éstos se deben generar diarias, semanal, semestral y anualmente. El propósito es establecer un sistema de recopilación de datos para medir y mantener la eficiencia del sistema.

El registro completo de la operación del sistema contra incendios debe comprender los siguientes datos:

- Fecha y nombre del colaborador que realizo la prueba o inspección
- Hora de inicio y final de las pruebas o inspecciones realizadas
- Nivel del tanque de agua de almacenamiento del sistema
- Revisiones del estado físico de los equipos
- Revisión de la posición de las válvulas del sistema, deben estar abiertas
- Paneles eléctricos sin ningún problema, energizados
- Presion de agua en los sistemas contra incendios
- Niveles de combustible en los tanques de las bombas de combustión interna.

4.2. Planificar cursos de tal manera que los colaboradores de la planta conozcan los alcances del presenta plan de conservación de los equipos del sistema

Para elaborar un plan de capacitación del personal se deben considerar al menos tres aspectos:

- Distribución personalizada de los recursos: está enfocado en lograr que la mayor cantidad de empleados participen en el plan de capacitación. Se debe fijar el presupuesto disponible para asignar la capacitación respectiva.

- Distribución centrada en la capacitación específica: Con esta lo que se busca es resolver las debilidades de la organización. Debido a esto las actividades se deben orientar a temas que pueden estar alejados de los intereses de los empleados.
- Distribución orientada a la capacitación específica dando razón de la capacitación general: el proceso de detección de necesidades da cuenta de las fortalezas en la medida que se han considerado todas las perspectivas u expectativas de la organización.

Los planes de capacitación exigen una planificación que incluye los siguientes elementos:

- Definir una necesidad específica.
- Definir de manera evidente el objetivo de la capacitación.
- Desglosar el trabajo que se va a desarrollar, puede ser en módulos o ciclos.
- Elegir el método de capacitación según la tecnología que se tenga.
- Definir los recursos para implementar la capacitación.
- Definir el personal que va a ser capacitado.
- Cantidad de participantes.
- Disponibilidad de tiempo.
- Grado de habilidad, conocimientos y actitudes.
- Características personales.
- Determinar el lugar donde se efectuará la capacitación.
- Establecer el tiempo y la periodicidad de la capacitación
- Calcular la relación costo-beneficio del plan de capacitación.
- Controlar y evaluar los resultados del plan.

Para determinar las necesidades de capacitación del personal, hay que ver la pirámide de necesidades de Maslow, donde es posible establecer un conjunto de necesidades que pueden ser consideradas para la elaboración del plan de capacitación.

Entre lo mencionado se tienen las siguientes necesidades:

- Autorrealización: realización potencial, ayuda desinteresada a los demás. Moral.
- Reconocimiento: Fortalecimiento de la autoestima, autoconfianza, logro particular y respeto a los demás, independencia y libertad.
- Afiliación: Establecer vínculos con el entorno social, afecto.
- Seguridad: Orden, estabilidad y protección, seguridad de empleo, familiar, de salud, etc.

Dentro de una organización, la detección de necesidades de capacitación está conformada por tres aspectos:

- De la organización: se centra en la determinación de los objetivos de la empresa, sus recursos y su relación con el objetivo.
- De las funciones: se enfoca sobre el trabajo. Revela las capacidades que debe tener cada individuo dentro de la organización. En términos de liderazgo, motivación, comunicación, dinámica de grupos.
- De las personas: se debe considerar las fortalezas y debilidades en el conocimiento, las actitudes y habilidades del personal.

Según lo anterior, el contenido del plan de capacitación puede establecer elementos fundamentales a abordar, entre los que se tienen:

- Necesidades de las personas.
- Crecimiento individual.
- Participación como aprendizaje activo.
- Capacidad de dar respuestas a necesidades de la realidad.
- Producir mayor interacción entre las personas.
- Proporcionar oportunidades para el continuo desarrollo personal.
- Crear un clima más satisfactorio entre los empleados.
- Aumentar la motivación y hacer más receptivos a los empleados.
- Ayudar en la solución de problemas al colaborador.
- Aumentar la confianza y actitud asertiva.
- Mejorar la comunicación entre colaboradores.
- Aumentar el nivel de satisfacción con el puesto.
- Eliminar temores o ignorancia individual.

Para implementar un plan de capacitación se deben tomar en cuenta varias fases:

- Planeación de la capacitación: esta etapa es vital para justificar los cursos o capacitación que se solicita o se necesita. Aquí se cumple con la detección de las necesidades de capacitación. Estas se entienden por deficiencias que poseen los colaboradores. Para esto es necesario investigar cuando los trabajadores no cumplen o ejecutan con éxito sus labores o cometen accidentes.

Se inicia con un análisis de la organización, evaluando que necesidades tienen actualmente. El análisis de tareas se utiliza para identificar habilidades, conocimientos y capacidades que se requieren.

Cuando se analiza a las personas se identifica quienes necesitan capacitación. El departamento de Recursos humanos es el encargado de identificar el tipo de capacitación que se requiere, cuando se necesita, quienes lo requieren, y que métodos son mejores para proporcionar a los colaboradores las capacidades necesarias.

Después de haber realizado el diagnóstico para el plan de capacitación, prosigue la elección y el procedimiento para impartirla. Luego se determinan los elementos principales del plan de capacitación:

- Quien debe ser capacitado, gerentes o colaboradores
 - Quien será el instructor
 - Que temas se deben impartir
 - Lugar de la capacitación
 - Medios para hacer la capacitación, métodos y recursos
 - Cuando realizar la capacitación, horario
 - Cuanto capacitar, intensidad o duración
 - Para que capacitar, Resultados esperados
- Organización de la capacitación.

Para proceder a diseñar el plan de capacitación, se debe enfocar al menos en tres aspectos fundamentales:

- Definición de objetivos de la capacitación: indica a donde se quiere llegar con el plan mencionado. Se pueden tener Objetivos terminales que indican la conducta que se muestra al haber recibido una capacitación, y los objetivos específicos que son los de menor nivel, que son conductas observables que el participante realiza y son directamente observables.
- Deseo y motivación de la persona: para que el aprendizaje sea óptimo, los colaboradores deben reconocer la necesidad del conocimiento y mantener el deseo de aprender. Se pueden utilizar las siguientes estrategias:
 - Utilizar el refuerzo positivo
 - Eliminar amenazas y castigos
 - Ser flexible
 - Hacer que los colaboradores establezcan metas personales.
 - Diseñar una instrucción interesante.
 - Eliminar cualquier tipo de obstáculo de aprendizaje.
- Principios de aprendizaje: también se les llama Principios pedagógicos y constituyen las guías de los procesos por los que las personas aprenden de manera más efectiva.

Mientras más se utilicen estos principios más probabilidades habrá de que resulte efectiva. Estos son:

- Participación.
- Repetición.

- Relevancia.
 - Transferencia.
 - Retroalimentación.
 - Características de los instructivos.
 - Conocimiento del tema.
 - Adaptabilidad.
 - Sinceridad.
 - Sentido del humor.
 - Interés.
 - Cátedras claras.
 - Asistencia individual.
 - Entusiasmo.
- Ejecución o implementación de la capacitación.

Los mejores métodos para dar capacitaciones dependen de:

- La efectividad respecto al costo.
- El contenido deseado del programa.
- La idoneidad de las instalaciones con que se cuenta.
- Las preferencias y la capacidad de las personas.
- Las preferencias y capacidad del capacitador.
- Los principios de aprendizaje a emplear.

Uno de los métodos más generalizados es la capacitación en el área de trabajo, porque proporciona a ventaja de la experiencia directa, así como una oportunidad de desarrollar una relación con el superior y el subordinado.

Algunos métodos fuera del trabajo incluyen las conferencias o discusiones. La capacitación en el aula, la instrucción programada, la

capacitación por computadora, las simulaciones, los circuitos cerrados de televisión, la capacitación a distancia y los discos interactivos de video. Todos estos suponen una aportación al esfuerzo de capacitación de un costo relativamente bajo en relación con a la cantidad de colaboradores que es posible acomodar.

- Evaluación del plan de capacitación.

Permite estimar el alcance de los objetivos propuestos y retroalimentar el proceso. Se pueden tomar cuatro criterios básicos para medir éste:

- Reacciones: los participantes felices tienen más probabilidades de enfocarse en los principios de capacitación y utilizar la información de su trabajo.
- Aprendizaje: probar el conocimiento y las habilidades antes de un programa de capacitación proporciona un parámetro básico sobre los participantes, que pueden medirse de nuevo al terminar la capacitación.
- Comportamiento: este debe cambiar para mejorar, una vez que regresan al puesto, porque se ha mejorado los principios sobre los que se requiere en el puesto.
- Resultados: se ven dos aspectos
 - Evaluación del desempeño, donde se examina lo siguiente
 - ✓ Cumplimiento de la cuota de trabajo

- ✓ Habilidad demostrada en el trabajo
 - ✓ Dominio de la técnica necesaria
 - ✓ Interés demostrado en el trabajo
 - ✓ Uso de elementos, materiales y maquinas etc.
- Evaluación de características del trabajador
 - ✓ Espíritu de colaboración
 - ✓ Espíritu de superación
 - ✓ Responsabilidad
 - ✓ Iniciativa
 - ✓ Actitud positiva
 - ✓ Asistencia y puntualidad
 - ✓ Disciplina en el trabajo
 - ✓ Relaciones humanas con sus compañeros
- Seguimiento de la capacitación.

Un buen plan de capacitación debe contemplar acciones de monitoreo y seguimiento, no solo con respecto a los aspectos logísticos sino a la organización y planeación de reuniones orientadas a verificar el impacto que se ha logrado con la capacitación en el incremento de la eficiencia laboral.

4.3. Planificar presentación para dar a conocer las pruebas y formatos propuestos de las pruebas de eficiencia de los sistemas

La importancia de un personal debidamente capacitado es vital para que la operación sea realizada de manera segura y eficiente del Sistema contra

incendios de las plantas Las Palmas I y Palmas II, y para asegurar que la capacitación sea efectiva es necesario considerar los siguientes puntos:

- Efectuar una planificación de cursos anuales
- Estimular la participación de los colaboradores
- Explicar al personal la manera correcta de realizar las tareas
- Las practicas del personal deben ser bajo supervisión
- Permitir al personal que realice prácticas de manera individual
- Limitar los conceptos por sesión para una mejor comprensión
- Utilizar material audiovisual como apoyo didáctico
- Realizar evaluaciones que indiquen la comprensión
- Retroalimentar de acuerdo a las evaluaciones realizadas

Entre los temas a desarrollar en la capacitación se propusieron:

- Los sistemas contra incendios juegan un rol imprescindible en cualquier edificio o industria.
- La seguridad industrial en la operación de los equipos.
- Las rutinas periódicas necesarias para el control de todos los equipos de los sistemas.
- El procedimiento que se debe llevar a cabo en el momento de detectar una variación que pueda afectar la operación normal de los equipos.
- La importancia de un buen mantenimiento de los equipos.
- Listar todos los equipos que están involucrados en los sistemas.
- Detallar la función de cada uno de los equipos que conforman los sistemas.
- Conocer la manera de efectuar las pruebas semanales y sus controles.

- Conocer el procedimiento para realizar las pruebas de eficiencia anuales de los equipos.
- Conocer los puntos donde se toman los datos para registrar las pruebas.
- Evaluar los conocimientos adquiridos.

CONCLUSIONES

1. La protección que proporciona un sistema contra incendios en una industria o un edificio en general, evita pérdidas parciales o totales causadas por siniestros de incendios sin control.
2. Mediante un buen plan de conservación se puede garantizar que los sistemas van a responder de manera adecuada.
3. Cada uno de los elementos con que están constituidos estos sistemas son muy importantes, todos tienen una función esencial que hacen que la respuesta a un siniestro sea bien atendida y resuelta en el tiempo adecuado.
4. Aunque todos los elementos del sistema son críticos, es importante priorizar lo más importante como lo son las bombas de agua, ya que sin estos el sistema se vuelve inoperante.

RECOMENDACIONES

- A la Gerencia General
 1. El monitoreo a las pruebas semanales de los sistemas contra incendios da un valor agregado debido a que se comprueba el buen funcionamiento de los equipos que están involucrados en éstas.
- Al Gerente de Salud y Seguridad Ocupacional
 2. Mantener un control periódico de los registros de las pruebas semanales y el control en los mantenimientos realizados a los distintos equipos para asegurar su correcta operación.
- A los operarios
 3. No descuidar y cumplir con los requerimientos necesarios para la conservación de los equipos ya que es vital para el buen funcionamiento del sistema.
 4. Considerar la modificación de la posición de los equipos *sprinkles* o rociadores ya que, por la nueva posición de las tuberías, equipo y estructuras, estos quedaron en cierto modo bloqueados por lo que no cumplirán al cien por ciento su función.

5. Anotar todos los datos de las actividades en los registros para poder darle rastreabilidad a las posibles fallas y poder tomar decisiones acerca de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDRADE SOSA, Oscar Alexander. *Plan de mantenimiento preventivo utilizando horómetro para optimizar el funcionamiento de una máquina lavadora de pet reciclado*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 108 p.
2. Asociación Internacional de Capacitación de Bomberos. *Prácticas y teoría para bomberos*. 6ª ed. Stillwater, Estados Unidos: Publicaciones de protección contra incendios, 1991. 347 p.
3. Billsanmon. *Mangueras contra incendios*. [en línea]. <<http://billsalmonlearningassociates.com>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2019].
4. Cla-Val. *Cabezales de prueba para aplicaciones contra incendios*. [en línea]. <<https://www.cla-val-latinoamerica.com>>. [Consulta: 27 de septiembre de 2019].
5. Cupersa. *Válvulas para sistemas contra incendios*. [en línea]. <<http://www.cupersa.com>>. [Consulta: 29 de agosto de 2019].
6. FOAM. *Espuma contra incendios*. [en línea]. <<https://www.solbergfoam.com>>. [Consulta: agosto de 2019].

7. GREENE, Richard W. *Válvulas, selección, uso y mantenimiento*. 2ª ed. México: Mc-Graw-Hill, 1995. 275 p.
8. GrundFos. *Bombas contra incendios*. [en línea]. <<https://co.grundfos.com>>. [Consulta: 15 de agosto de 2019].
9. GrundFos. *Sistemas contra incendios*. <<https://ar.grundfos.com>>. [en línea]. [Consulta: julio de 2019].
10. HOGUE, David. *Documento importante*. [en línea]. <<https://www.scribd.com/document/414778424/Documento-Importante>>. [Consulta: 20 de febrero de 2019].
11. Indr co. *Eductores*. [en línea]. <<http://www.vmf.ind.br.com>>. [Consulta: 18 de agosto de 2019].
12. Intex. *Hidrantes contra incendio, que son y qué tipos de hidrantes*. [en línea]. <<https://www.grupointex.com>>. [Consulta: 9 de julio de 2019].
13. MCNAUGHTON, Kenneth. *Bombas, selección, uso y mantenimiento*. 2ª ed. México: McGraw-Hill, 1992. 371 p.
14. MONCADA, Jaime. *Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas contra incendios*. [en línea]. <<https://articuloscontraincendio.org/artcls-otros-sis-pci#33f13f6c-ff71-4369-ba76-512f22845dc4>>. [Consulta: 20 de febrero de 2019].

15. NFPA 25. Norma para la inspección, comprobación y manutención de sistemas hidráulicos de protección contra incendios. *Sistemas hidráulicos y suspensión de extinción*. [en línea]. <<https://www.nfpajla.org/archivos/exclusivos-online/sistemas-hidraulicos-supresion-extincion/979-identificando-y-evitando-el-mal-funcionamiento-en-el-suministro-de-agua-y-en-sistemas-de-rociadores>>. [Consulta: 20 de febrero de 2019].
16. Orazul Energy. *Manual de funciones*. 2016.
17. Pajla.net. *Pruebas de eficiencia de bombas contra incendio*. [en línea]. <<https://www.nfpajla.org>>. [Consulta: 14 de julio de 2019].
18. Rimac. *Las bombas contra incendio*. [en línea]. <<http://prevencionrimac.com>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2019].
19. Seguridad en América. *Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas contra incendios*. [en línea]. <<https://www.seguridadenamerica.com.mx>>. [Consulta: 12 de septiembre de 2019].
20. Sena. *Mantenimiento de bombas centrifugas*. [en línea]. <<https://repositorio.sena.edu.co.com>>. [Consulta: 3 de agosto de 2019].
21. Texas Engineering Extension Service. *Operaciones contra incendios*. Texas, Estados Unidos: TEEX, 2009. 406 p.

22. Wikipedia. *Hidrantes de incendio*. [en línea]. <<https://es.wikipedia.org>>. [Consulta: 14 de agosto de 2019].
23. Wikipedia. *Mantenimiento correctivo*. [en línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_correctivo>. [Consulta: 19 de febrero de 2019].
24. YBIRMA, Luis. *Bombas contra incendios*. [en línea]. <<http://www.contraincendio.com.ve>>. [Consulta: 20 septiembre de 2019].

APÉNDICES

Apéndice 1. **Formatos propuestos**

Los siguientes son los que están propuestos para usarse en el control del Sistema contra incendios, cualquier variación en los valores que se anotaran en estos, directamente se deben analizar y luego si es viable proceder a realizar los trámites para hacer el mantenimiento respectivo.

Descripción de los formatos, donde:

SC: Sistema contra incendios, RG: Registro

SC-RG-01 Solicitud de servicio

SC-RG-02: Permiso de trabajo

SC-RG-03: Revisión trimestral de hidrantes

SC-RG-04: Revisión trimestral de *sprinklers* y sensores de humo en
Planta Las Palmas I

SC-RG-05: Revisión trimestral de hidrantes y sensores de humo en
Planta Las Palmas II

SC-RG-06: Datos anuales del sistema contra incendios de Planta
Las Palmas I

SC-RG-07: Datos anuales del sistema contra incendios de Planta Las Palmas
II

SC-RG-08 Bloqueo de equipos

SC-RG-09 Prueba semanal contra incendios

Fuente: elaboración propia.

