



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE BOMBA  
ESTACIONARIA CONTRA INCENDIOS CON REFERENCIA A LA NORMA NFPA 25  
INSTALADA EN UN CENTRO COMERCIAL**

**Ing. Rigoberto Rafael Sandoval López**

Asesorado por el Mtro. Ing. Julio César Campos Paiz

Guatemala, septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE BOMBA  
ESTACIONARIA CONTRA INCENDIOS CON REFERENCIA A LA NORMA NFPA 25  
INSTALADA EN UN CENTRO COMERCIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ING. RIGOBERTO RAFAEL SANDOVAL LÓPEZ**

ASESORADO POR EL MTRO. ING. JULIO CÉSAR CAMPOS PAIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque (a.i.)
EXAMINADOR	Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Ing. Javier Fidelino García Tetzagüic
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE BOMBA  
ESTACIONARIA CONTRA INCENDIOS CON REFERENCIA A LA NORMA NFPA 25  
INSTALADA EN UN CENTRO COMERCIAL**

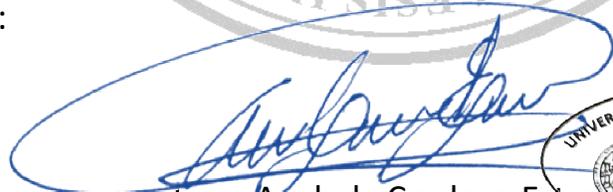
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 20 de julio 2020.

**Ing. Rigoberto Rafael Sandoval López**

DTG. 385.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE BOMBA ESTACIONARIA CONTRA INCENDIOS CON REFERENCIA A LA NORMA NFPA 25 INSTALADA EN UN CENTRO COMERCIAL**, presentado por el Ingeniero: **Rigoberto Rafael Sandoval López**, estudiante de la **Maestría en Artes en Ingeniería y Mantenimiento** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
★

Guatemala, septiembre de 2021.

AACE/asga



**Guatemala, Agosto de 2021**

EEPM-1252-2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE BOMBA ESTACIONARIA CONTRA INCENDIOS CON REFERENCIA A LA NORMA NFPA 25 INSTALADA EN UN CENTRO COMERCIAL”** presentado por el Ingeniero **Rigoberto Rafael Sandoval López** quien se identifica con carné **199811555** correspondiente al programa de **Maestría en Ingeniería de Mantenimiento**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



**Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**



Guatemala, Agosto 2021

EEPFI-1253-2021

Como coordinadora de la **Maestría en Ingeniería de Mantenimiento** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE BOMBA ESTACIONARIA CONTRA INCENDIOS CON REFERENCIA A LA NORMA NFPA 25 INSTALADA EN UN CENTRO COMERCIAL”** presentado por el Ingeniero **Rigoberto Rafael Sandoval López** quien se identifica con Carné **199811555**.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



**Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo**  
**Coordinadora de Maestría**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**



Guatemala, Agosto de 2021

EEPFI-1254-2021

En mi calidad como asesor del profesional Rigoberto Rafael Sandoval López quien se identifica con carné **199811555** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE BOMBA ESTACIONARIA CONTRA INCENDIOS CON REFERENCIA A LA NORMA NFPA 25 INSTALADA EN UN CENTRO COMERCIAL”** quien se encuentra en el programa de **Maestría en Ingeniería de Mantenimiento** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

MA Ing. Julio César Campos Paiz  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado No. 2701

**Mtro. Julio César Campos Paiz**  
Asesor

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por la vida que me ha regalado y las bendiciones que he recibido de ella.
<b>Mis padres</b>	Rigoberto Sandoval (q. e. p. d.), Estela López, por ser un ejemplo de vida, por su amor y apoyo incondicional para culminar mis estudios.
<b>Mis hermanos</b>	Mirna, Jaime y Maritza Sandoval, por ser una importante influencia en mi vida.
<b>Mi hijo</b>	José Rafael Sandoval, por venir a cambiar mi vida y ser mi motivación para seguir adelante cada día de mi vida.
<b>Mi esposa</b>	Marylena Lemus, por ser una importante influencia para poder culminar mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos en mi formación profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser fuente de conocimientos y permitirme aprender para ejercer la ingeniería mecánica.
<b>Mis amigos</b>	Por acompañarme en esta travesía y por su apoyo.
<b>Mi asesor</b>	Mtro. Ing. Julio César Campos Paiz, por compartir sus conocimientos conmigo y contribuir en el desarrollo del presente trabajo de graduación.
<b>Mis tíos</b>	Norma Araceli López y Mario Marroquín, por haberme apoyado en esta trayectoria de mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS .....	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN MARCO METODOLÓGICO.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	1
1.1. Centro comercial .....	1
1.2. Mantenimiento .....	2
1.2.1. Mantenimiento en la industria .....	4
1.2.2. Finalidad del mantenimiento .....	5
1.2.3. Tipos de mantenimiento .....	7
1.2.3.1. Mantenimiento correctivo.....	8
1.2.3.2. Mantenimiento preventivo.....	9
1.2.3.3. Mantenimiento predictivo .....	9
1.2.3.4. Mantenimiento proactivo.....	10
1.2.3.5. Mantenimiento basado en riesgo.....	11
1.2.4. Inspección VOSO .....	12
1.3. Normativas .....	13
1.3.1. Normas NFPA.....	13
1.3.2. Normas NFPA 25.....	14

1.4.	Gestión del riesgo de incendio .....	15
1.4.1.	Conceptos generales .....	15
1.4.2.	Clasificación del fuego .....	16
1.4.3.	Clasificación de riesgos por actividad .....	17
1.5.	Sistemas de protección contra incendio.....	18
1.5.1.	Componentes del sistema .....	19
1.5.2.	Requerimientos generales.....	22
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
2.1.	Visita de reconocimiento al área .....	25
2.1.1.	Distribución de las instalaciones .....	27
2.2.	Inspección general del equipo.....	28
2.3.	Registro de datos en campo .....	29
2.3.1.	Registro de los datos del sistema.....	31
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	33
3.1.	Descripción del edificio.....	33
3.2.	Elementos críticos .....	35
3.3.	Condición actual de los equipos.....	36
3.4.	Distribución del sistema .....	37
3.5.	Análisis de la norma NFPA 25 .....	38
3.5.1.	Requisitos generales.....	39
3.5.2.	Bombas de incendio .....	40
3.5.3.	Tanques de almacenamiento .....	42
3.5.4.	Válvulas.....	46
4.	PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	51
4.1.	Objetivo del plan .....	51
4.2.	Alcance .....	52

4.3.	Distribución.....	52
4.4.	Responsables.....	52
4.5.	Recursos .....	53
4.6.	Acciones de mantenimiento preventivo .....	54
	4.6.1. Inspecciones.....	54
	4.6.2. Pruebas .....	57
	4.6.3. Medidas de seguridad .....	58
4.7.	Medidas de control .....	59
4.8.	Difusión y capacitación.....	67
CONCLUSIONES .....		69
RECOMENDACIONES.....		71
REFERENCIAS .....		73
ANEXOS.....		79



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Tipos de mantenimientos .....	4
2.	Bomba centrífuga .....	20
3.	Bomba centrífuga vertical.....	21
4.	Bomba de turbina .....	22
5.	Croquis de la distribución del edificio .....	27
6.	Inspección en cuarto de máquinas.....	28
7.	Gabinete e hidrante.....	29
8.	Distribución en el primer nivel del centro comercial .....	34
9.	Distribución en segundo y tercer nivel del centro comercial.....	35
10.	Condición de los equipos .....	36
11.	Sistema de bombeo en cuarto de máquinas .....	38

### TABLAS

I.	Inspección VOSO.....	12
II.	Inspección de sistema hidráulico .....	23
III.	Ficha de reconocimiento .....	26
IV.	Registro de datos en campo con ficha de reconocimiento .....	30
V.	Ficha técnica bomba centrífuga .....	31
VI.	Ficha técnica bomba Jockey .....	32
VII.	Formato de prueba e inspección en tanques .....	60
VIII.	Formato para las bombas del sistema .....	61
IX.	Formato para el sistema de columnas y mangueras.....	62

X.	Aplicación de formato de prueba e inspección en tanques.....	64
XI.	Aplicación de formato de prueba e inspección en bombas.....	65
XII.	Aplicación de formato sistema de columnas y mangueras .....	66
XIII.	Esquema de capacitación.....	68

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>psi</b>	Libra fuerza por pulgada cuadrada
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	Metro cúbico por hora
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>mm</b>	Milímetros
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>ASTM</b>	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
<b>Confiabilidad</b>	Indicador que demuestra la capacidad de un equipo de desempeño es la función para la que fue diseñado sin interrupciones durante un período de tiempo determinado.
<b>Disponibilidad</b>	Representa el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operatividad.
<b>Equipo</b>	Conjunto de objetos, aparatos y dispositivos necesarios para que funcione un sistema eléctrico o mecánico.
<b>Falla</b>	Defecto material que causa un error o imperfección que provoca que un equipo o mecanismo funcione mal.
<b>Gestión</b>	Conjunto de operaciones que se realizan para dirigir y administrar un negocio o una empresa.
<b>Hidrante</b>	Conexión con válvula en un sistema de suministro de agua que tiene dos o más salidas y se usa para proveer agua para mangueras y bombas de incendios.

<b>Indicador</b>	Elemento de medida de rendimiento cuantificable aplicado a la gestión que permiten evaluar los resultados y el desempeño en uno o varios procesos.
<b>Inspección</b>	Examen visual del sistema o parte de este para verificar que está en condiciones de operar y libre de daño físico.
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Estandarización.
<b>Mantenimiento</b>	Conservación de un equipo o maquinaria en buen estado para evitar su prematura degradación.
<b>NFPA</b>	Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego.
<b>Vida útil</b>	Es la duración estimada que un equipo puede tener para el cumplimiento correcto de la función para la que ha sido creado.
<b>Voso</b>	Técnica empírica en la que se utilizan los sentidos y la experiencia para verificar el estado de la maquinaria o equipo y determinar el tipo de mantenimiento que requieren.

## RESUMEN

En un centro comercial surge la necesidad de elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de bomba estacionaria contra incendios, que contemple el procedimiento adecuado para llevarlo a cabo y poder reducir la probabilidad de generar pérdidas: económicas, materiales o humanas; debido a deficiencias operativas que el sistema puede presentar en caso de la ocurrencia de un incendio dentro de las instalaciones de un centro comercial.

La aplicación de conocimientos de ingeniería es para reforzar la seguridad de las instalaciones y contribuir con el bienestar común, y se convierte en la motivación principal en la elaboración del plan de mantenimiento, el cual inicia con una inspección del tipo de equipos que conforman el sistema y sus condiciones, para luego realizar un análisis del mantenimiento que sea e requerida y por último establecer el tipo de mantenimiento a aplicar, así como su periodicidad.

Son múltiples los beneficios que se pueden obtener al establecer el plan de mantenimiento como: facilitar el trabajo de los técnicos; que disminuyen la probabilidad de fallas operativas en el sistema; reduce los costos por mantenimiento correctivo; prolonga la vida útil del sistema; disminuye el riesgo de pérdidas de diferentes índoles; incrementa la seguridad de las instalaciones; evita problemas legales por operar con equipo en mal estado y no tener el respaldo de los registros de mantenimiento entre otros.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS**

Para darle solución a un problema primero hay que realizar un planteamiento general del mismo, con el objetivo de conocer más acerca de su origen y analizar las consecuencias o repercusiones de su existencia.

- El problema

La falta de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de bomba estacionaria contra incendios en un centro comercial de Guatemala, es el problema que se identifica.

- Descripción del problema

El centro comercial está diseñado para poder alquilar locales que son de uso y giro comercial en la compra venta e intercambio de mercancías; situado en la ciudad capital, el cual contiene aproximadamente 30 locales, con espacios físicos arrendados a distintas empresas.

El tipo de actividades que se llevan a cabo en las instalaciones, hace indispensable el estudio constante de los riesgos a los que se está expuesto, y a las las necesidades a cubrir, para reducir el máximo impacto negativo que puedan tener en las actividades comerciales. Por lo que el resultado del estudio y análisis enfocado en las actividades en las instalaciones del centro comercial; la administración decide crear un departamento que se encargue de las actividades de mantenimiento.

Actualmente el departamento (de que) está conformado por 10 técnicos, quienes mantienen, tanto a los locales comerciales como a los espacios comunes del centro comercial, como lo son: la fachada, los espacios publicitarios, el parqueo, las áreas verdes, etc.

Tomando en consideración las medidas de seguridad respectivas para este tipo de instalaciones, el centro comercial tiene instalado un sistema hidráulico de bomba estacionaria contra incendios, sin embargo sus técnicos no están capacitados para proporcionarle el mantenimiento adecuado, es por esta razón que ocasionalmente se subcontrata a personal externo para que lo realice. Al realizar una inspección se ha detectado que: parte del equipo no está en óptimas condiciones; no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para este sistema que evite el mal funcionamiento del mismo, al momento de ser accionado; por lo que no hay garantía de funcionamiento.

Otro de los inconvenientes encontrados al momento de realizar la inspección del sistema, es que no hay registro de los detalles concernientes al mantenimiento que este requiere, ni de sus componentes para validar el estado en el que se encuentra es decir, que no hay un historial de fechas en las que se han efectuado los mantenimientos aplicados y en qué han consistido dichos mantenimientos.

Al momento de originarse un incendio dentro del centro comercial es necesario que el sistema funcione correctamente, ya que, de no ser así, pueden generarse pérdidas materiales millonarias y peor aún generarse pérdidas humanas. Por tanto, el impacto de la falta de mantenimiento preventivo para el sistema no sólo tiene repercusiones económicas al requerir mantenimiento correctivo, sino también al cambiar el equipo o cubrir pérdidas materiales, además que tiene repercusiones en la seguridad de las instalaciones y de todo

el que se encuentre en el lugar, es decir trabajadores, visitantes, clientes, proveedores, entre otros.

Para poder elaborar un plan de mantenimiento adecuado para el sistema contra incendios que tiene instalado el centro comercial, se debe tomar en cuenta lo estipulado en la NFPA 25, que es la norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios.

En la NFPA 25, no solo explica los requisitos generales con los cuales debe contar el sistema, sino que describe cada uno de los equipos que lo componen, el tipo de inspección y prueba que se les debe efectuar, la frecuencia con la que se debe aplicar el mantenimiento y algunos de los problemas más comunes que estos pueden presentar, tales como obstrucciones o desactivaciones, incluyendo también la forma en que dichos problemas se pueden resolver.

El problema identificado, conlleva a la formulación de incógnitas respecto al tema de mantenimiento preventivo para sistemas hidráulicos de bombas estacionarias contra incendios, con los cuales se pueda obtener un diagnóstico que a través de su análisis se pueda plantear una propuesta que dé solución a la problemática abordada.

- Pregunta central

¿Cuál es el procedimiento adecuado para proveer mantenimiento preventivo al sistema hidráulico de bombas estacionarias contra incendios que se tiene instalado en un centro comercial?

- Preguntas auxiliares
  - ¿Cuáles son los elementos críticos para el correcto funcionamiento del sistema de seguridad contra incendios?
  - ¿Cuáles son las condiciones óptimas de los equipos que conforman un sistema contra incendios para su buen desempeño?
  - ¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento y procedimiento de operaciones para el sistema contra incendio efectivo y en cumplimiento con lo normado?
  - ¿Qué metodología es ideal para poder dar a conocer el plan de mantenimiento?

# OBJETIVOS

## General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para un sistema hidráulico de bombas estacionarias contra incendios para un centro comercial usando la norma NFPA 25 como referencia.

## Específicos

1. Identificar el conjunto de elementos y accesorios críticos que aseguran el buen funcionamiento del sistema contra incendios.
2. Establecer las condiciones óptimas operativas de cada uno de los componentes que conforman el sistema contra incendios del centro comercial.
3. Determinar las acciones de mantenimiento adecuadas para el sistema contra incendios del centro comercial, tomando como referencia lo que establece la norma NFPA 25 al respecto.
4. Establecer la metodología adecuada para presentar el plan de mantenimiento al departamento de mantenimiento del centro comercial.



## RESUMEN MARCO METODOLÓGICO

El plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de bomba estacionaria contra incendios es propuesta para un centro comercial ubicado en la ciudad de Guatemala. El enfoque de la investigación es mixto, utilizando diferentes técnicas para la evaluación de las condiciones del sistema y el análisis del rendimiento y funcionamiento de los equipos que lo conforman.

El diseño de la investigación es no experimental y transversal porque se identifican y describen las variables, analizando su incidencia e interrelación, sin embargo las variables no son expuestas a modificación alguna. La información necesaria para realizar el plan se obtiene a través de entrevistas, observación directa del sistema y sus componentes, así como el análisis de la norma sobre inspección, prueba y mantenimiento correcto del sistema contra incendios NFPA 25, la cual se toma de referencia.

Dado que el plan de mantenimiento preventivo puede considerarse como una propuesta de mejora que contribuye al aseguramiento del sistema contra incendios, el estudio es de tipo descriptivo, al igual que su alcance metodológico, generando una propuesta con base en fundamentos teóricos, experiencia técnica e información operativa proporcionada.

El índice de los tipos de componentes, el índice de disponibilidad del equipo de operaciones, las pruebas del sistema y el resultado de la capacitación técnica se establecen como indicadores del estudio.



## INTRODUCCIÓN

Como perspectiva general del trabajo, se puede describir que la investigación consiste en crear un plan de mantenimiento para el equipo contra incendios de un centro comercial, el cual se encuentra ubicado en la ciudad de Guatemala, el cual renta locales a diferentes empresas nacionales e internacionales. El plan de mantenimiento surge como un emprendimiento con el objetivo de asegurar el funcionamiento del sistema contra incendios instalado en el centro comercial bajo estudio.

El problema identificado se puede describir de la siguiente forma: aunque el centro comercial cuenta con un sistema contra incendios, no tiene un plan de mantenimiento definido que permita garantizar el óptimo funcionamiento de este mismo al surgir la necesidad de activarlo. Al realizar una inspección visual del sistema se evidencia que el equipo no está en las condiciones adecuadas de funcionamiento, aunque sí ha recibido mantenimiento ocasional.

La importancia de darle solución a la problemática encontrada radica en fortalecer la capacidad de proveer seguridad para las instalaciones del centro comercial como tal, así como para sus arrendatarios y visitantes en el caso de la ocurrencia de un incendio.

Entre los resultados, aportes y beneficios esperados del plan que se propone es que el sistema cuente con un mantenimiento eficiente al estar en concordancia con lo normado a nivel internacional, que conserve su capacidad operativa y se pueda garantizar un funcionamiento adecuado de cada uno de los equipos que conforman el sistema en sí, conservando su vida útil.

El trabajo de investigación es factible porque se cuenta con los recursos necesarios para la ejecución de todas las actividades programadas para el desarrollo del plan. Es importante mencionar que el centro comercial, permite la realización de dichas actividades que brinden acceso total a las instalaciones, así como a la información de los equipos y todo lo relacionado al sistema.

El marco teórico conceptual se expone en el capítulo uno, brindando definiciones y conceptos respecto a lo que es el mantenimiento, las normativas aplicables, la gestión del riesgo de incendio y sistemas de protección contra incendios.

En el capítulo dos se presenta la información respecto al desarrollo de la investigación en campo, el cual se centra en una visita de reconocimiento, una inspección general del equipo y el registro de datos en campo.

La presentación de los resultados se realiza en el capítulo tres, el cual incluye la descripción del edificio en el que está instalado el sistema, la distribución y condición en la que se encuentran los elementos del sistema así como su estado crítico, además de un análisis de los requisitos generales que brinda la norma NFPA 25 respecto a las condiciones en las que debe operar un sistema hidráulico contra incendios.

El análisis comparativo entre lo observado en campo y lo establecido por la norma se consolida en el plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de bomba estacionaria contra incendios la cual se propone como parte del capítulo cuatro.

# **1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

Establecer un plan de mantenimiento requiere del conocimiento previo de conceptos teóricos; sobre su aplicación en la industria,; los diferentes tipos de mantenimiento que existen; la descripción de una inspección VOSO y lo que implica el mantenimiento basado en riesgo; entre otros. Por esta razón, se presentan todos estos conceptos que sirven de fundamento para la elaboración del plan, incluyendo además lo que establecen las normas NFPA respecto al tema, así como la razón por la cual se utiliza como referencia la NFPA25.

## **1.1. Centro comercial**

Un centro comercial es una instalación diseñada para poder alquilar locales haciendo uso del giro comercial en la compra y venta e intercambio de mercancías, siendo por lo general ubicados en lugares concurridos.

Aunque el edificio, es ocupado en gran proporción por locales comerciales, es decir espacios físicos arrendados a varias empresas, también cuenta con espacios comunes como parqueo, recepción, área de comida o incluso área de juegos infantiles.

Por lo regular los propietarios de los centros comerciales contratan a personas que se encargan de administrar los recursos enfocados principalmente a la gestión de cobros, mantenimiento de las instalaciones, el ordenamiento y seguridad del centro comercial.

Las actividades de mantenimiento de este tipo de instalaciones, se centran en la conservación del estado del edificio, tales como techo, pisos, paredes, persianas, jardinería para áreas verdes, limpieza general y señalización de parqueos, entre otros.

Tomando en consideración las medidas de seguridad respectivas para este tipo de instalaciones, el centro comercial requiere un sistema de alarmas contra incendios o sismos, señalización de todos sus elementos, rutas de evacuación y puntos de reunión. Debiendo informar de esto a sus inquilinos para que pueda garantizarse la eficiencia de las acciones dispuestas para siniestros.

## **1.2. Mantenimiento**

Hay discrepancias en cuanto al momento exacto en que el mantenimiento adquiere importancia, lo que sí es cierto, es que a través de la historia ha ido evolucionando y adquiriendo mayor relevancia, sobre todo para el sector industrial.

Según Figueroa (2010), La historia de mantenimiento acompaña al desarrollo técnico industrial de la humanidad, a finales del siglo XIX con la mecanización de la industria, que es donde surge la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta el año 1914, el mantenimiento tenía una importancia secundaria y era dificultado por el mismo grupo de operación.  
(p. 1)

El mantenimiento puede definirse como: “la aplicación de normas y técnicas que se han establecido para la conservación de la maquinaria e instalaciones de una planta industrial, para que de esta forma pueda proporcionar un mejor rendimiento durante el mayor tiempo posible” (Castillo, 2014, p.8).

Castillo (2014), también sugiere que el mantenimiento ha sufrido transformaciones en relación con el desarrollo tecnológico en la industria, ya que en los inicios el mantenimiento era visto únicamente como actividades correctivas para solucionar fallas que fueran surgiendo y que actualmente juegan un papel importante dentro de la industria al no intervenir únicamente en la solución de fallas, sino que posee la capacidad de prevenirlas oportunamente, aumentando la eficiencia operativa y evitando costos asociados al mantenimiento correctivo. (se coloca el número de página si lo tiene)

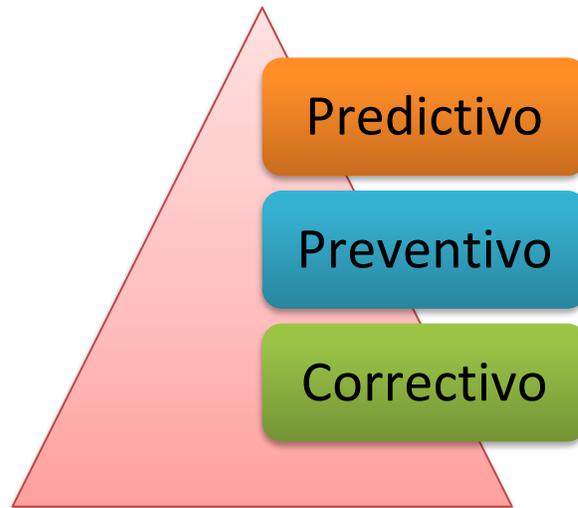
Fuentes (2018), explica que en la actualidad el mantenimiento se enfoca en el aumento de la confiabilidad de los equipos; surgiendo de este modo el mantenimiento preventivo, predictivo, proactivo, así como la gestión del mantenimiento asistido por computador, muy utilizado en la actualidad.

Cada empresa puede plantear distintos objetivos de mantenimiento, de acuerdo con el giro del negocio, el tipo y tamaño de organización, la cantidad de personal técnico con el que cuente, el equipo o maquinaria con la que cuenta, entre otros, sin embargo, los principales objetivos del mantenimiento se pueden resumir en:

- Garantías en cuanto a funcionamiento
- Evitar el envejecimiento prematuro
- Conseguir los objetivos mencionados con anterioridad al menor costo

Tomando en cuenta la experiencia en el campo, los mantenimientos que se aplican generalmente en la industria guatemalteca, son los correctivos, preventivos y predictivos, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 1. **Tipos de mantenimientos**



Fuente: elaboración propia.

La mejora del proceso de gestión de mantenimiento es mediante la incorporación de conocimiento, inteligencia y análisis que facilite la gestión en el área del mantenimiento, orientadas a favorecer el resultado económico y en las operaciones, debido a que es el concepto clave para la ingeniería de mantenimiento.

### **1.2.1. Mantenimiento en la industria**

A medida que evolucionan las tecnologías aplicables a la industria se ha ido evolucionando las necesidades del mantenimiento en este campo. Por muchos años se ha percibido el mantenimiento como la reparación urgente de las averías que surjan, sin embargo recalca García (2012), que los objetivos del mantenimiento industrial van más allá de eso. Específicamente se enfoca en cuatro objetivos que consideran que deben marcar y dirigir el trabajo de un

departamento de mantenimiento, que son la disponibilidad, fiabilidad, vida útil esperada y cumplimiento de presupuesto.

“La gestión del mantenimiento, las técnicas específicas utilizadas y la correcta ejecución, son las tres áreas de conocimiento que integran la función del mantenimiento industrial” (Petersen, 2015, p 80).

Proveer una perspectiva sobre los aspectos que tiene que administrar el responsable de mantenimiento, es parte de la gestión que implica la organización de las acciones predictivas, preventivas y correctivas, tomando en cuenta los métodos, tiempos, programación, normas, procedimientos, presupuestos, auditorías, entre otros.

Entre las técnicas aplicables en el mantenimiento industrial se encuentra el análisis de fiabilidad; análisis y diagnóstico de averías; análisis de vibraciones; termografía, alineación de ejes; equilibrado de rotores; análisis de aceite; por mencionar algunos. La ejecución de mantenimiento requiere el conocimiento de los equipos críticos para los procesos de producción de la empresa, identificar el tipo de averías frecuentes y las acciones de mantenimiento que aplican.

### **1.2.2. Finalidad del mantenimiento**

Según García (2012) la realidad de la finalidad del mantenimiento dista mucho de la percepción tipificada que limita a la asistencia de fallas para corregirlas e influyen en la capacidad para alcanzar los objetivos de la empresa al contar con los recursos para ello, como lo son: equipo, herramientas, maquinaria y los sistemas en general que se encuentren óptimas condiciones, que reducen al mínimo la probabilidad de interrumpir las actividades del giro de

negocio de la empresa que lo aplique. Son varios los objetivos que se traza en el departamento de mantenimiento, que le permiten cumplir con su finalidad.

García (2012) continúa describiendo que, entre los objetivos que se plantean para que el mantenimiento cumpla con su finalidad están los siguientes:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad, estableciendo el mínimo de horas productivas anuales como indicador del porcentaje de cumplimiento.
- Alcanzar un valor determinado de fiabilidad, es decir, que el equipo sea capaz de cumplir con lo que se espera producir.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir los tres objetivos anteriores, ajustándose al presupuesto anual de la empresa.

Un mantenimiento mal gestionado, poca atención a las acciones preventivas, bajo presupuesto, falta de medios y personal para realizar los mantenimientos, así como reparaciones provisionales pueden provocar la degradación rápida de cualquier instalación industrial. (p. 23)

Dentro de los procesos productivos la disponibilidad de los equipos es crítica, ya que de ellos depende el flujo continuo de la producción y por tanto, el mantenimiento adecuado de los equipos se vuelve una acción fundamental.

Proveer una disponibilidad absoluta de las herramientas de producción es el principal objetivo del mantenimiento, en el contexto operativo y se logra a través de una correcta planificación, personal calificado que lleve a cabo las acciones planificadas, la disponibilidad de los recursos para la ejecución del mantenimiento y una buena gestión general del mantenimiento en sí.

### **1.2.3. Tipos de mantenimiento**

Existen varios tipos de mantenimiento, para esta investigación se explican los cuatro métodos de mantenimiento principales que se efectúan más frecuentemente en las empresas. Siendo importante mencionar que la aplicación de cada método queda a discreción del departamento de mantenimiento y los imprevistos que puedan surgir varían de acuerdo al tipo de industria en la que se aplique. Los mantenimientos de mayor aplicación son:

- Mantenimiento correctivo, el más frecuente y de mayor costo por paro de producción en tiempos prolongados, implica acción posterior a la falla.
- Mantenimiento preventivo, implica acción para evitar fallas, conservar la vida útil por más tiempo, con mayor aceptación en el área industrial.
- Mantenimiento predictivo, implica acción previa a la falla.
- Mantenimiento proactivo, poca frecuencia de aplicación a costo menor.

Aunque se describe brevemente cada uno de estos mantenimientos, cabe mencionar que poseen características específicas de acuerdo con el campo de aplicación.

### **1.2.3.1. Mantenimiento correctivo**

Según Petersen (2015) consiste en reparar averías que se producen repentinamente durante su funcionamiento, explica que cuando se realiza este tipo de mantenimiento el proceso de fabricación se detiene y que por lo consiguiente la producción disminuye y los costos aumentan. Una de las características de este tipo de mantenimiento es que el tiempo y dinero invertido es muy impredecible, al presentarse de forma imprevista, además de que siempre origina trastornos en la línea de trabajo, afectando la planificación general de la empresa.

En cuanto al ámbito de aplicación del mantenimiento correctivo, este mismo autor señala que corresponde a activos con bajo nivel de criticidad, en los cuales las averías no siempre representan gran problema temporal o económico.

La cantidad de mantenimiento correctivo que pueda surgir en una empresa puede minimizarse con mantenimiento preventivo y predictivo, sin embargo, es muy difícil que pueda eliminarse por completo. No hay forma de eliminar en su totalidad el riesgo de que un equipo falle, porque son muchos los factores que pueden originar.

Algunos factores que influyen en la variación entre el tiempo que se invierte en un mantenimiento correctivo y el costo que este genera, están la disponibilidad de repuestos, la ubicación de la falla, la requisición de cambio o ajuste de piezas, si se cuenta con un reemplazo, que tanto influye en el proceso productivo, entre otros.

### **1.2.3.2. Mantenimiento preventivo**

Zaldívar (2006) el método más utilizado en la industria corresponde al mantenimiento preventivo, este permite disminuir la frecuencia de las paradas no programadas aprovechando el momento más oportuno para realizar las intervenciones tanto para los departamentos de producción como para el de mantenimiento. Frecuentemente se utiliza este método en un Plan de Mantenimiento, puesto que, permite planificar las mantenciones a efectuar; preparar herramientas, repuestos, insumos y designar al personal más capacitado para realizar la acción.

Uno de los principales beneficios de este tipo de mantenimiento, es que se pueden coordinar las actividades productivas con las de mantenimiento, para minimizar el impacto negativo que podría tener el paro de actividades. Ya que en algunos casos no es posible realizar los mantenimientos sin interrumpir las actividades productivas, se busca que el tiempo de ocio y tiempo muerto sean mínimos para que no se incrementen los costos de producción.

Este método utiliza tiempos regulares bien definidos por el planificador de los mantenimientos, por lo que se debe estudiar los procesos productivos y verificar la forma de coordinar más eficientemente las actividades. Para este tipo de mantenimiento es necesario justificar la rentabilidad económica del método, puesto que posiblemente y dependiendo de cada empresa, estas acciones sean un poco costosas.

### **1.2.3.3. Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento de tipo predictivo es otro de los métodos comúnmente utilizados, ya que este tipo de mantenimiento permite detectar posibles síntomas

de desperfectos o desgastes prematuros de un equipo antes de que ocurra una falla, de esta forma la empresa puede abastecerse a tiempo de los recursos que se necesiten para enfrentar oportunamente la ocurrencia de la falla. Este método es posible utilizar gracias a que los componentes de cierta forma demuestran al personal de inspección que alguna anomalía está ocurriendo.

Existen varias formas de detectar fallas antes de que ocurran y se utiliza tecnología creada para detectarlas, así como también la experticia del personal ante estas situaciones. Los métodos más básicos para detectar potenciales fallas son los sentidos del ser humano; realizar inspecciones visuales, detectar olores, sentir excesivas vibraciones o temperaturas elevadas, ruidos anómalos y posiblemente por el sentido del gusto detectar alguna anomalía en el proceso productivo que infiera en alguna contaminación del producto.

Otros métodos utilizados son mediante la creación de nuevas tecnologías que detecten posibles fallas en los equipos, existen diferentes herramientas tales como: Cámaras termográficas, análisis de vibraciones, ultrasonido, entre otros. Dadas las características de este tipo de mantenimiento es necesario realizar constantes inspecciones, diariamente de ser posible, requiriendo personal exclusivo de inspección y se utiliza en procesos de alta criticidad operacional.

#### **1.2.3.4. Mantenimiento proactivo**

Este mantenimiento tiene características similares con el predictivo, consiste en llevar un control de las propiedades de determinados parámetros establecidos para sus componentes, que sirven para determinar las acciones de mantenimiento correspondientes.

La diferencia entre ambos es que el proactivo pretende determinar la causa, la raíz de las averías, es una posible falla dentro de la línea que incurra en el deterioro prematuro de otros componentes adyacentes del proceso. Se aplican diferentes técnicas en este tipo de mantenimiento, la más empleada es la tribología, porque contribuye a la disminución del desgaste de un elemento aumentando su vida útil a través del monitoreo de las propiedades de sus lubricantes.

Hay que hacer uso de métodos que permitan llevar a cabo acciones de restauración para disminuir el deterioro de los elementos y por consiguiente aumentar la optimización de las condiciones operativas sin necesidad de esperar que se suscite una falla con daños irreversibles que impliquen costos elevados. Junto con la tribología también se pueden hacer intervenciones de tipo mecánica como balanceo y alineación.

#### **1.2.3.5. Mantenimiento basado en riesgo**

Según el *Maintenance Engineering Handbook* (2008): el mantenimiento basado en el riesgo es la mejor utilización de todas las herramientas posibles al alcance, ya que proporcionan una ventana hacia el futuro que permite visualizar probabilísticamente hablando, los eventos técnicos futuros que pondrán en riesgo la disponibilidad, la calidad y el rendimiento de los activos. (p.112)

En este tipo de mantenimiento, es importante el análisis de riesgos para cada elemento que requiera de estas acciones y que intervenga en los procesos de forma directa.

#### 1.2.4. Inspección VOSO

Se basa en la utilización de los sentidos para detectar anomalías que pueden presentar los equipos ante la ocurrencia de fallas en su operación, siendo necesarios la experiencia y el conocimiento del equipo de inspeccionar para dar diagnósticos fiables, por lo tanto, se puede decir, que el objetivo de la inspección VOSO es la detección de síntomas de falla a través de los sentidos. El hecho de que dependa directamente de la experiencia y criterio humano, hace que este tipo de inspección sea fácil de aplicar aunque la certeza del diagnóstico no sea del 100 %.

Este método es muy utilizado debido a la facilidad de aplicación y entrenamiento que no necesita equipo especializado para realizarlo. Esta herramienta no constituye garantía para una maquinaria que tiene falla, pero puede generar una alerta cuando ya se ha presentado una falla y esta es sensible para técnicos y operarios lo que permite actuar y programar tareas preventivas y correctivas.

Tabla I. **Inspección VOSO**

<b>Visión</b>	Técnica aplicada para determinar posibles fallas, como fugas, desgaste, cambio de color, humo.
<b>Oído</b>	Utilizar el sentido del oído fino para clasificar ruidos, sonidos y posibles fracturas, que producen sonidos anormales en el funcionamiento.
<b>Sensación</b>	La sensación en extremidades superiores o inferiores, determinante para clasificar posibles fallas, como patrones de vibraciones, oscilaciones o cavitaciones, cambios de temperatura o deformaciones.
<b>Olfato</b>	Distinguir un olor común a particular, considerando equipos que presentan fatiga en su cableado desprendiendo índices de olor a quemaduras, de la misma forma cuando existen elementos rodantes desgastados que provocan fricción, además de fugas.

Fuente: elaboración propia.

### **1.3. Normativas**

Los sistemas contra incendios que se construyen están normados internacionalmente, debido a la necesidad de que estos funcionen correctamente y puedan cumplir el objetivo principal para lo que fueron creados, que es el resguardo de la integridad humana ante un siniestro.

Las normas reconocidas internacionalmente para sistemas contra incendios son las NFPA, descritas a continuación.

#### **1.3.1. Normas NFPA**

Estas normas, se plantean con base en la recopilación de información en cuanto a los diferentes sistemas contra incendios y sus respectivos equipos, estableciendo las acciones más apropiadas para garantizar su buen funcionamiento y por lo consiguiente realizar las mejores prácticas de inspecciones, pruebas, registros y mantenimientos a estos tipos de sistemas. Por lo que a partir de ello, se puede vincular la norma NFPA con los mismos estándares que la norma ISO 31000, ya que sigue la misma lógica para la búsqueda de las mejores prácticas.

El interés por analizar estas normas radica en la información que estas proporcionan en cuanto al funcionamiento de los sistemas contra incendios a nivel mundial, tomando en cuenta la diversidad de equipos que los pueden conformar y las necesidades de su instalación.

Como estos equipos no se ocupan hasta que se produce un siniestro, pueden ser descartados la mayoría el mantenimiento del tipo correctivo, ya que

teóricamente ningún componente debería fallar por cumplir con su vida útil, si es que este no se ocupará.

El mantenimiento correctivo puede verse presente en escenarios posteriores a la ocurrencia de algún tipo de desastre, como incendios, terremotos, inundaciones u otros hechos indeseados que puedan producir una rotura o pérdida en el sistema, donde es necesaria la estabilización de éste a un estado de buen funcionamiento.

Las normas NFPA que se abordan, son las relacionadas al mantenimiento preventivo, que a partir de diferentes métodos, entregan un cierto grado de seguridad en cuanto al funcionamiento de sus componentes, sea el correcto al momento de ser requerido.

Entre estas normas se encuentra la norma NFPA 20 que expone datos sobre la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios y la norma NFPA 25 que se centra más en su mantenimiento, por lo que es la que despierta más interés y se explica un poco más ampliamente a continuación.

### **1.3.2. Normas NFPA 25**

Este documento establece los requisitos mínimos para la inspección, prueba y mantenimiento periódico de sistemas hidráulicos de protección contra incendios. Tomando en cuenta los diferentes tipos de sistemas que existen, las características de los equipos que lo integran, las necesidades de mantenimiento de cada uno, así como las posibles fallas que se pueden encontrar en una inspección.

La norma NFPA 25 expone los requisitos generales que se deben cumplir, y las bases para los registros, inspecciones, pruebas, programas basados en desempeño, mantenimiento y seguridad. Analiza componentes hidráulicos como rociadores, tuberías de agua, mangueras, tanques, bombas centrífugas, válvulas, entre otros; los que explicando el tipo de pruebas se les deben de efectuar puedan comprobar su estado. El documento donde se encuentra la norma también incluye formatos para inspección, prueba y mantenimiento, un formulario de evaluación de riesgos, así como las posibles causas de problemas que presentan las bombas utilizadas para los sistemas contra incendios, entre información variada de anomalías encontradas.

#### **1.4. Gestión del riesgo de incendio**

Son varias las acciones que se pueden llevar a cabo para limitar la propagación de un incendio y sus consecuencias, ya sea en espacios cerrados o abiertos. debido a que con los incendios no se puede eliminar el riesgo por completo, únicamente minimizarlo y establecer las medidas para que al momento de que se produzcan se pueda actuar oportunamente.

Estas acciones pueden ser previstas y organizadas de tal forma que se puedan aplicar en todo tipo de instalaciones, tales como industriales, comerciales o habitacionales.

##### **1.4.1. Conceptos generales**

- Para comprender mejor lo que implica la gestión del riesgo de incendio, es necesario tener claros algunos conceptos por simples que parezcan. Por ejemplo: aunque el fuego es utilizado diariamente de forma controlada, el concepto en sí no todos lo tienen claro.

- Fuego: “El fuego es una reacción de combustión que se caracteriza por la emisión de calor acompañada de humo, de llamas o de ambos” (Petersen, 2015, p.22).
- Combustible: material que puede ser sólido, líquido o gaseoso con la capacidad de arder en presencia de oxígeno y calor.
- Oxígeno: elemento natural que al presentarse en porcentajes entre 16 % a 21 % contribuye a la combustión que origina el fuego.
- Calor: incremento en la temperatura, que puede producir una reacción en el cuerpo o material que lo experimenta.
- Medidas de protección: se refiere a las acciones previstas para procurar la seguridad ante la ocurrencia de un evento de impactos negativos. Estos pueden ser pasivos o activos.

En conclusión, para que el fuego pueda existir se requiere la presencia e interacción de tres elementos que son: un material combustible, un comburente y calor. La existencia del fuego si se da en condiciones controladas como en hornos comerciales, resulta beneficiosa para la industria y el ser humano en general. Sin embargo, cuando el fuego se da en condiciones no controladas, puede causar daños serios.

#### **1.4.2. Clasificación del fuego**

El fuego puede clasificarse según su origen y elementos extintores necesarios para combatirlos, tal como lo presenta en su investigación Petersen (2015):

- Clase A: fuegos de materiales combustibles sólidos comunes, tales como madera, papel, textiles, cauchos y termoestables, su principal agente extintor es el agua.
- Clase B: fuegos de líquidos inflamables o combustibles, gases y plásticos termoplásticos, para su extinción se utilizan polvos secos comunes, polvos secos multiusos, espuma e hidrocarburo halogenado.
- Clase C: son aquellos fuegos que se originan en instalaciones eléctricas que requieren de una sustancia extintora que no sea buena conductora de electricidad.
- Clase D: fuegos de metales como el magnesio, sodio, potasio, circonio o titanio, se puede extinguir con cloruro de sodio y grafito granulado. (p.28)

### **1.4.3. Clasificación de riesgos por actividad**

Esta clasificación se enfoca en la distinción entre actividades que se ejecutan en un espacio físico, que pueden ser foco de incendio. debido a que un espacio utilizado como vivienda, no está expuesto a los mismos riesgos que un espacio utilizado como imprenta, ya que al originarse un incendio, la combustibilidad será distinta y como consecuencia también puede variar el alcance y tiempo de propagación.

- Ocupaciones de riesgo leve: con bajo índice de liberación de calor, como espacios utilizados para vivienda, religión o educación.

- Ocupaciones de riesgo ordinario: debido a que el suministro de agua puede variar, estas ocupaciones se dividen en tres que son:
  - Riesgo ordinario grupo 1: índice de liberación de calor moderado, se caracteriza por baja combustibilidad, proporción de combustible moderada.
  - Riesgo ordinario grupo 2: índice de liberación de calor de moderado a alto, combustibilidad baja, la proporción de combustible oscila entre moderada y alta.
  - Riesgo ordinario grupo 3: índice de liberación de calor alto, combustibilidad alta.
- Ocupaciones de riesgo extra: altos índices de liberación de calor considerando la proporción de los materiales comburentes.

### **1.5. Sistemas de protección contra incendio**

Se le denomina así a la integración de equipos y elementos seleccionados e instalados con base en el riesgo estimado de que se produzca en un incendio y las correspondientes disposiciones para afrontarlo. Las diferencias entre los sistemas de protección contra incendios, se basan en los distintos factores que lo producen y la forma de combatirlos.

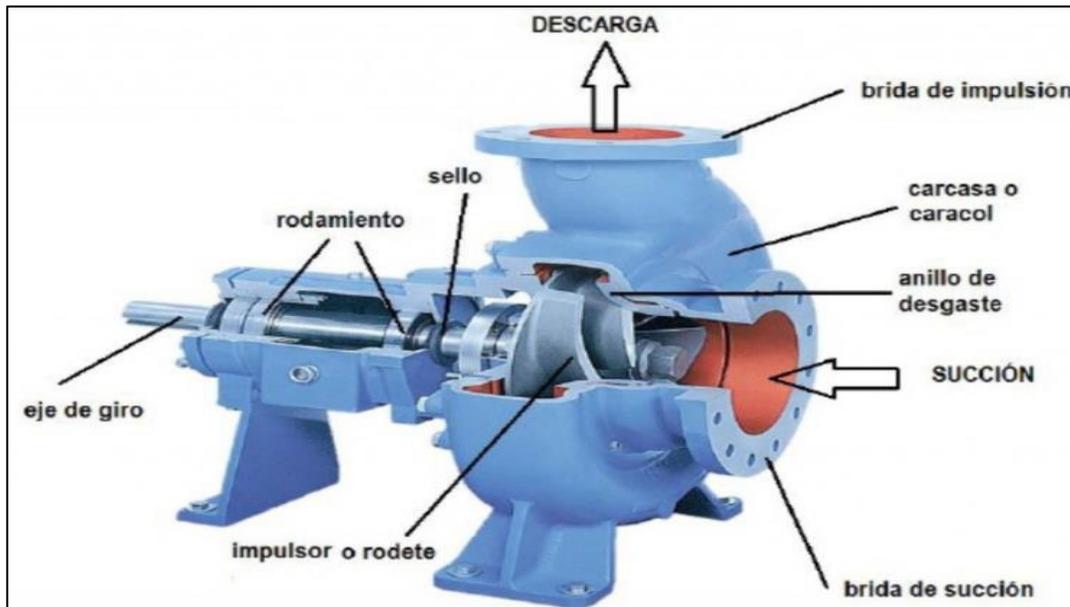
### **1.5.1. Componentes del sistema**

Son varios los elementos que pueden integrarse en un sistema de protección contra incendios. La selección de dichos elementos, se ve influenciado por varios factores tales como:

- La fuente de abastecimiento: por lo regular esta puede ser natural o limitada, condiciona el diseño de captación, la estación de bombeo y el equipo para almacenamiento de agua.
- El espacio físico por proteger: se refiere a la altura del techo, el tipo de piso, el material de las paredes, los materiales que se encuentran adentro, etc.
- Calidad del agua: debe estar libre de contaminación, condiciona la selección de materiales en cuestiones de corrosión y abrasión.

Entre los elementos que conforman un sistema de protección contra incendios se encuentran la fuente de abastecimiento, la estación de bombeo, diferentes tipos de bombas, tuberías y motores, algunos de ellos son descritos a continuación.

Figura 2. **Bomba centrífuga**

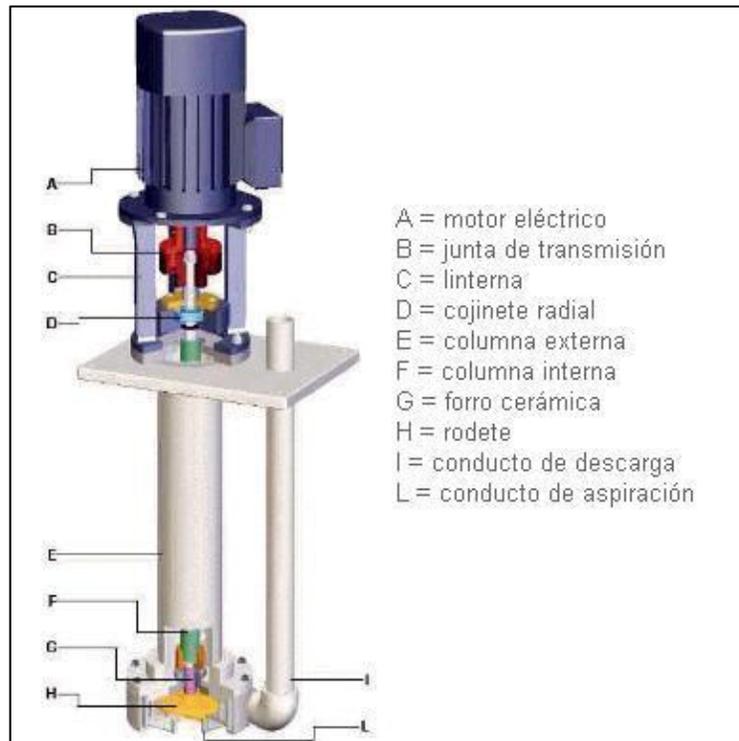


Fuente: Bombas de agua. *¿Cómo funcionan las bombas de agua?* Consultado el 22 de febrero de 2021. Recuperado de <https://bombasdeagua.site/blog-bomba-de-agua/como-funcionan-bombas-de-agua/>.

En la figura anterior, se pueden identificar los diferentes componentes de una bomba centrífuga, que aunque puede variar un poco en cuanto al modelo o la marca, los componentes funcionales son los mismos.

Cuando el abastecimiento de agua sea insuficiente para transportar el agua a la bomba contra incendio y dependiendo de la ubicación del suministro de agua, pueden utilizarse bombas centrífugas con eje vertical, como el que se muestra en la siguiente figura. Para hacer uso de estas bombas, es necesario que dicho suministro se ubique debajo de la línea central de descarga de la brida.

Figura 3. **Bomba centrífuga vertical**



Fuente: Aguamarket. *Bomba centrífuga*. Consultado el 22 de febrero de 2021. Recuperado de <https://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=14670>.

Según Nieto, Villalva, y Varas (2018) Las bombas deberán proporcionar no menos del 150 % de capacidad nominal a no menos del 65 % de la cabeza total clasificada. La cabeza de cierre total no deberá exceder el 140 % de la cabeza nominal total de las bombas tipo turbina vertical.

Figura 4. **Bomba de turbina**



Fuente: Indupal. *Bomba tipo turbina STS Franklin Electric*. Consultado el 22 de febrero de 2021. Recuperado de <https://indupal.com/producto/bomba-tipo-turbina-sts-franklin-electric-tazones-hierro-ductil-impulsores-acero-inoxidable/?v=d05f4ae8fd24>.

### **1.5.2. Requerimientos generales**

Entre las consecuencias de un sistema descuidado: la NFPA 25 en sus apartados 3.3.7.1 y 3.3.7.2, incluye dos conceptos, deficiencia crítica y deficiencia no crítica. La primera es aquella que, si no se corrige, puede tener un efecto importante en la capacidad del sistema de funcionar según lo previsto ante un evento de incendio. Por el contrario, una deficiencia no crítica es aquella que no tiene un efecto tangible en la capacidad del sistema para funcionar, pero se necesita una corrección para cumplir con los requerimientos de la norma. Para complementar este tema, se define como deterioro a una condición en la que la unidad del sistema de protección está fuera de servicio.

En caso de que exista un incendio, los resultados pueden ser desastrosos si hay una falla o mal funcionamiento en las instalaciones de seguridad contra incendios; por tal motivo el mantenimiento es fundamental para tener sistemas

confiables y operativos, además evita o mitiga las consecuencias de los fallos del equipo y previene las incidencias antes de que estas ocurran.

Tabla II. **Inspección de sistema hidráulico**

<b>Almacenamiento de agua</b>	Inspección visual de condiciones físicas, grietas, fugas, evidencia de corrosión, funcionamiento de flotadores	NFPA 25
<b>Tomas siameses</b>	Inspección a la toma siamesa. Incluye: revisión por fugas, lubricación, revisión de partes y posibles obstrucciones.	NFPA 25
<b>Bomba Eléctrica</b>	Inspección de la motobomba eléctrica. Incluye: verificación visual, bombas en automático, energizado, operando, reconocimiento general del equipo. Prueba de la motobomba . Incluye: arranque de la bomba por 10 minutos, ajuste, verificación de parámetros de los medidores. Verificación de luz piloto panel "on", indicador "transfer switch", luz de fase-reversa esté en "off" y la luz piloto de fase rotación normal se encuentre en "on"; que el nivel de aceite del cabezal de engranaje esté correcto.	NFPA 25
<b>Bomba Jockey</b>	Inspección de la bomba Jockey: verificación visual, bomba trabajando en automático, energizada, operando sin problemas, reconocimiento general del equipo. Pruebas a la bomba Jockey. Incluye: arranque de la bomba, ajuste de estoperos, verificación de parámetros de los medidores (tiempo, RPM, Volts, amperes).	NFPA 25

Fuente: elaboración propia.



## **2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

Al plantear una propuesta para el mantenimiento preventivo de un sistema hidráulico de bomba estacionaria contra incendios, es importante realizar una investigación previa e identificar así los elementos que son críticos para asegurar su buen funcionamiento, al igual que las condiciones actuales de cada uno de los componentes del sistema.

La mejor técnica de investigación para obtener información fidedigna del sistema en general, es la observación directa de todos sus componentes. Por esta razón se realiza una visita de reconocimiento al área y una inspección general del equipo, con el correspondiente registro de datos.

### **2.1. Visita de reconocimiento al área**

Al realizar una visita de reconocimiento en el área, se tiene como objetivo conocer dónde y cómo se ha instalado el sistema hidráulico de bomba estacionaria contra incendios, dicha visita debe ser autorizada por el Departamento de Mantenimiento.

La visita de reconocimiento en el área, debe ser autorizada una semana después de presentada la solicitud por escrito, dando acceso total a las áreas del centro comercial, donde se encuentra instalado el sistema para el cual se elabora el plan de mantenimiento. El Departamento de Mantenimiento asigna al técnico encargado del edificio para el acompañamiento durante la visita, con lo que se puede conocer la distribución de las instalaciones y acceder al cuarto de máquinas que permitan realizar una inspección adecuada del equipo.

Tabla III. **Ficha de reconocimiento**

VISITA DE RECONOCIMIENTO AL ÁREA				
Inspector:				
Fecha de aprobación:			Fecha de inspección:	
Hora de inicio:			Hora de finalización:	
DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES				
Descripción del edificio:				
INSPECCIÓN GENERAL DEL EQUIPO				
No.	Nombre del equipo	Ubicación	Estado	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Observaciones generales				

Fuente: elaboración propia.

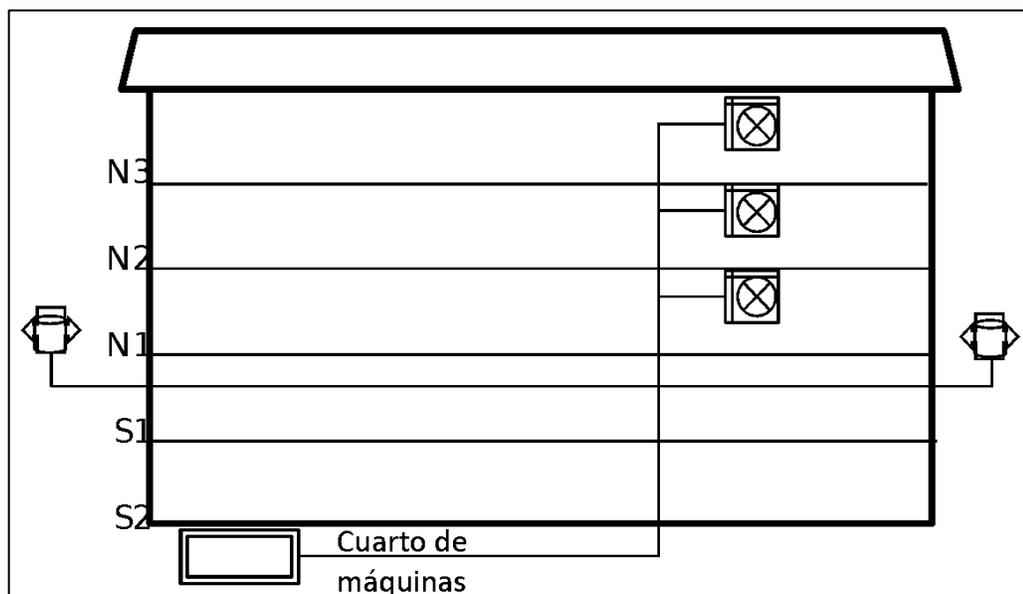
La ficha que se presenta anteriormente es la que se usa para recopilar la información que se presenta en la distribución de las instalaciones y la inspección general del equipo. La visita de reconocimiento al área, se lleva a cabo el día martes 11 de agosto del presente año, con una duración de 2 horas, de 11:00 am a 1:00 pm.

### 2.1.1. Distribución de las instalaciones

El concepto de centro comercial donde se encuentra instalado el sistema contra incendios es un poco diferente al tradicional; ya que no solo se ha diseñado con espacios para locales comerciales, sino que también con espacios para uso empresarial. En el edificio, la distribución de las instalaciones es la siguiente:

- Primer nivel: locales comerciales, restaurantes y 1 gabinete
- Segundo nivel: oficinas y un gabinete
- Tercer nivel: oficinas y un gabinete
- Sótano 1: parqueo y un gabinete
- Sótano 2: parqueo y cuarto de máquinas

Figura 5. **Croquis de la distribución del edificio**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018

## 2.2. Inspección general del equipo

Los sistemas contra incendios se diseñan basados principalmente en un área de cobertura y el tipo de actividad que se desarrolla en ella. Esto implica que al estar instalado en un centro comercial, los componentes del sistema deben ser adecuados para que al ser activados tengan la capacidad de brindar la protección esperada. El sistema debe estar integrado esencialmente por una fuente de abastecimiento de agua, sistema de distribución y medios de activación. En el cuarto de máquinas es donde se encuentra la mayor parte de componentes del sistema y donde se realiza la inspección general del equipo.

Figura 6. **Inspección en cuarto de máquinas**



Fuente: [Fotografía de Rigoberto Rafael Sandoval López]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

Durante la visita de reconocimiento, se realiza una inspección general del equipo que se enlista a continuación:

- Caja eléctrica
- Tanque de abastecimiento de agua con capacidad de 60 metros cúbicos
- Tanque hidroneumático de 25 galones
- Bomba Jockey Stay- Rite
- Bomba máster modelo BW1PS
- Dos hidrantes de columna seca marca Mueller
- Seis gabinetes
- Accesorios

Figura 7. **Gabinete e hidrante**



Fuente: [Fotografía de Rigoberto Rafael Sandoval López]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

### 2.3. **Registro de datos en campo**

Los datos que se recopilan en campo se centran en las características y condiciones, tanto de los componentes del sistema como del entorno, los cuales deben ser debidamente registrados para poder establecer un plan de mantenimiento preventivo adecuado. El registro se puede realizar por medio de

fichas técnicas enfocadas en los equipos y fichas de reconocimiento enfocadas a la ubicación de los mismos.

Tabla IV. **Registro de datos en campo con ficha de reconocimiento**

VISITA DE RECONOCIMIENTO AL ÁREA				
Inspector: Rigoberto Sandoval				
Fecha de aprobación: 03/ 08/ 2020		Fecha de inspección: 11/ 08/ 2020		
Hora de inicio: 11:00 am		Hora de finalización: 1:00 pm		
DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES				
Descripción del edificio:				
El edificio es de tres niveles, con dos sótanos para parqueos y en el sótano dos se encuentra el cuarto de máquinas que es donde se ubican la mayor parte de los componentes del sistema hidráulico contra incendios. El edificio posee un solo elevador y los gabinetes se encuentran ubicados en cada nivel a un lado del elevador, adicional hay una estación de gas afuera del edificio que también cuenta con un gabinete, en la parte de afuera hay dos hidrantes.				
INSPECCIÓN GENERAL DEL EQUIPO				
No.	Nombre del equipo	Ubicación	Estado	Observaciones
1	Caja eléctrica	Entrada al cuarto de máquinas	✓	
2	Tanque de abastecimiento 30m <sup>3</sup>	Cuarto de máquina, sótano 2	✓	
3	Tanque hidroneumático 25gl	Cuarto de máquina, sótano 2	✓	
4	Bomba Jockey	Cuarto de máquina, sótano 2	x	Oxidación y ruido
5	Bomba máster	Cuarto de máquina, sótano 2	x	Oxidación y ruido
6	Hidrante 1	Frente estación de gas	✓	
7	Hidrante 2	Frente a comercio de la entrada	✓	
8	Gabinete tercer nivel	Entre elevador y gradas 3 nivel	✓	
9	Gabinete segundo nivel	Entre elevador y gradas 2 nivel	✓	
10	Gabinete primer nivel	Entre elevador y gradas 1 nivel	✓	
11	Gabinete sótano 1	Entre elevador y gradas	✓	
12	Gabinete sótano 2	Entre elevador y gradas	✓	
13	Gabinete exterior	A un costado del edificio	✓	Sin pitón
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Observaciones generales				
En el cuarto de máquinas se detecta humedad lo cual puede provocar corrosión en el equipo				
Los gabinetes e hidrantes se encuentran conectados a través de las tuberías a las bombas y estas a los tanques que se accionan en caso de incendio.				

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.1. Registro de los datos del sistema

El sistema hidráulico contra incendio cuenta con: una caja eléctrica, un tanque de abastecimiento de agua, tanque hidroneumático, bomba Jockey, bomba centrífuga, hidrantes y gabinetes, cada uno con sus correspondientes componentes y accesorios. Para el registro de esta información en primer lugar se utiliza la ficha de reconocimiento y también se crean fichas técnicas para las bombas, las cuales se presentan a continuación:

Tabla V. Ficha técnica bomba centrífuga

<b>FICHA TÉCNICA</b>		
<b>SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIO</b>		
<b>Especificaciones del equipo</b>		
<b>Nombre del equipo:</b> Bomba Centrífuga		
<b>Ubicación:</b> Cuarto de máquinas, sótano 2		
<b>Modelo:</b> BW1PS	<b>Potencia:</b> 5HP	
<b>Marca del motor:</b> Máster	<b>Voltaje:</b> 220/440	
<b>Marca de la bomba:</b> Berkeley	<b>Diámetro</b>	
<b>Fases del motor:</b> Trifásica	<b>Entrada:</b> 1plg	<b>Salida:</b> 1 plg
<b>Componentes</b>		
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1	Tubería de succión, tubo galvanizado de 4 plg	
2	Válvula de pie, 4 plg conectada a la tubería de succión	1
3	Reductor de 1plg a 4 plg	2
4	Codo 90° de 4 plg	4
5	Válvula Check 4 plg	2
6	Válvulas mariposa 4 plg	2
7	Tubo galvanizado de 4 plg para salida de bombas	
8	Uniones galvanizadas de 4 plg	4
9	T galvanizada de 4 plg	3
10	Sensor de flujo para la salida de agua de la bomba	1
<b>Accesorios</b>		
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1	Presostato	1
2	Manómetro	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Ficha técnica bomba Jockey

<b>FICHA TÉCNICA</b>		
<b>SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIO</b>		
<b>Especificaciones del equipo</b>		
<b>Nombre del equipo:</b> Bomba Jockey		
<b>Ubicación:</b> Cuarto de máquinas, sótano 2		
<b>Modelo:</b> HP20E-02	<b>Potencia:</b> 1HP	
<b>Marca del motor:</b> Stay-rite	<b>Voltaje:</b> 115/220	
<b>Marca de la bomba:</b> Stay-rite	<b>Diámetro</b>	
<b>Caudal:</b> 20 Gpm	<b>Entrada:</b> 1/2 plg	<b>Salida:</b> 1/2 plg
<b>Componentes</b>		
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1	Tubería de succión, tubo galvanizado de 1 plg	
2	Válvula tipo compuerta de 1 plg	1
3	Reductor de 1/2 plg a 1 plg	2
4	Codo 90° de 1 plg	4
5	Válvula Check horizontal 1 plg	2
6	Válvula de pie de 1 plg	1
7	Uniones galvanizadas de 1 plg	6
8	T galvanizada de 1 plg	4
<b>Accesorios</b>		
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1	Presostato	1
2	Manómetro	1
3	Tambo hídrico neumático	1

Fuente: elaboración propia.

Hay condiciones en el área con la capacidad de afectar el estado de los componentes del sistema, al ser detectados se analiza la fuente para verificar si puede ser eliminada o si es necesario plantear medidas de protección que disminuya los efectos negativos en el sistema, tales como la corrosión.

### **3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Con base en la investigación desarrollada, se obtiene la información necesaria para establecer las bases que conducen al desarrollo de una propuesta de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de bomba estacionaria contra incendios que se tiene instalado en un centro comercial.

La descripción del edificio donde se encuentra ubicado el sistema, la identificación de elementos críticos que aseguran el buen funcionamiento de dicho sistema y la definición de las condiciones en las que se encuentra el equipo actualmente, forman parte de los datos generales del sistema contra incendios que se presentan a lo largo del capítulo. También se incluye el análisis de las normas NFPA 25 aplicables al sistema.

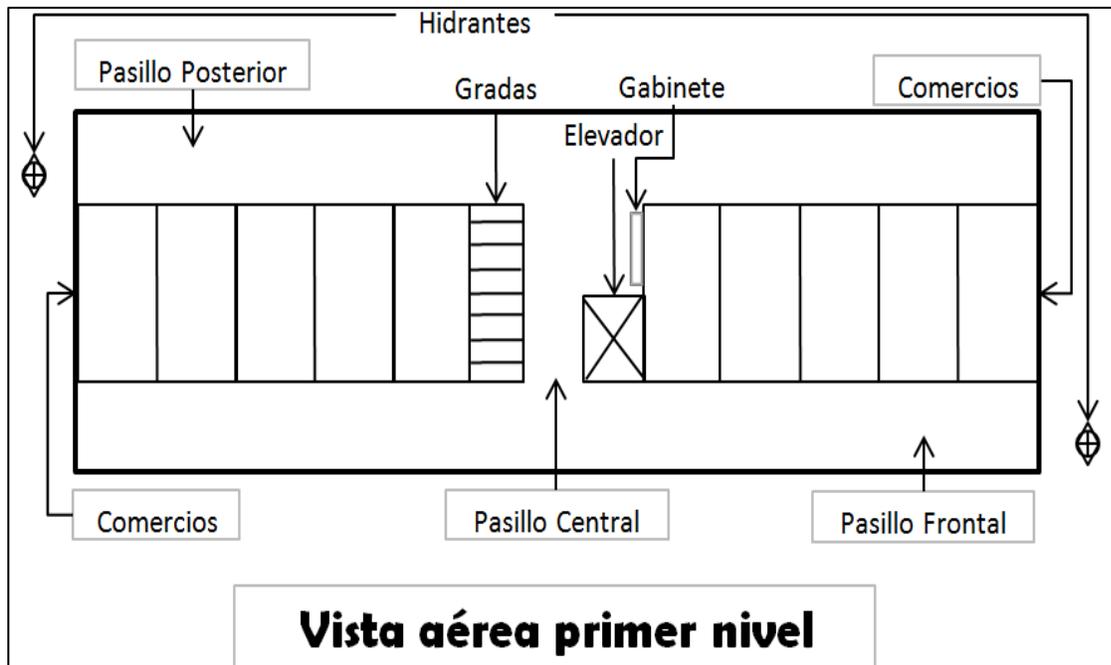
#### **3.1. Descripción del edificio**

La fachada del edificio es tipo colonial, diseñado con arcos distribuidos proporcionalmente por el pasillo frontal del primer nivel y hermosos ventanales en los niveles superiores, con materiales como estuco, madera, hierro forjado, piedra y teja. Se ha instalado un elevador para todo el edificio, escaleras y salidas de emergencia. En los sótanos hay parqueos libres, reservados y parqueos para minusválidos; estos últimos se ubican cerca del elevador.

El lugar más céntrico del edificio es donde se encuentra ubicado el elevador, por esta razón los gabinetes para activación del sistema contra incendios se han instalado a un costado de dicho elevador, con alcance hacia los extremos de cada lado del edificio.

En el primer nivel tienen 10 locales comerciales, entre el segundo y tercer nivel hay 20 oficinas y una disponibilidad de 45 parqueos en cada sótano. La distribución de los locales comerciales en el primer nivel del edificio, se puede observar en la siguiente figura; en ella se incluye también la ubicación de los hidrantes y el gabinete.

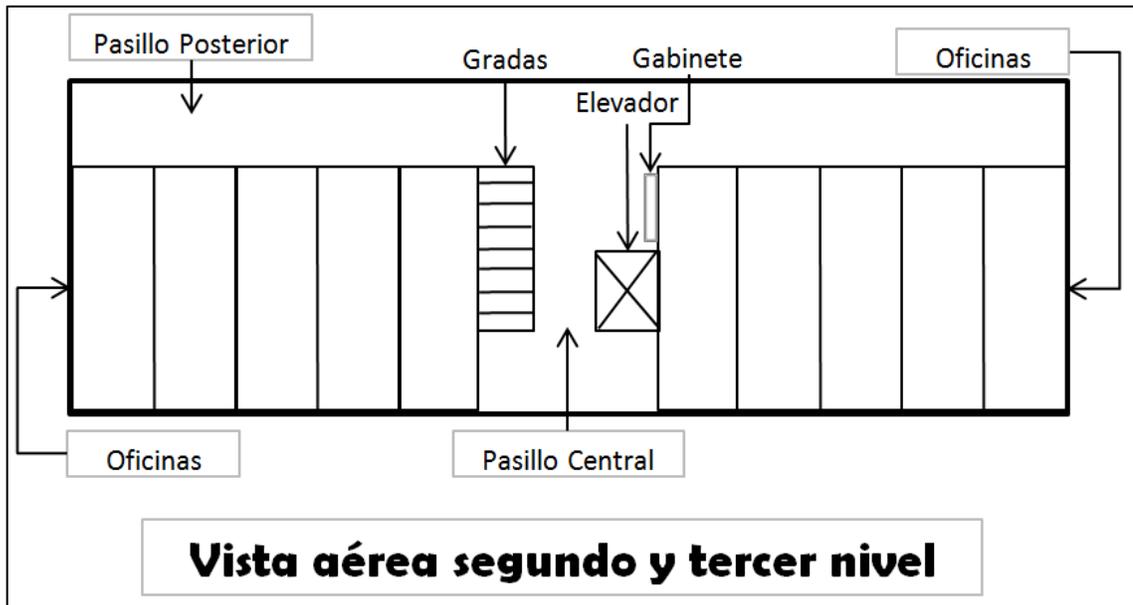
Figura 8. **Distribución en el primer nivel del centro comercial**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

La distribución del segundo y tercer nivel del edificio desde una vista aérea se puede apreciar en la siguiente figura. Aunque la distribución es semejante a la de los locales comerciales, se diferencia del primer nivel porque se optimiza el espacio disponible para las oficinas al dejar únicamente un pasillo para acceso a las mismas.

Figura 9. **Distribución en segundo y tercer nivel del centro comercial**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Al momento de la visita se pudo verificar que no hay locales ni oficinas disponibles, ya que todos están arrendados para distintas empresas.

### **3.2. Elementos críticos**

Para asegurar un buen funcionamiento del sistema contra incendios del centro comercial se identifican como elementos críticos los siguientes: la fuente de abastecimiento, la red de distribución y los medios de activación.

La fuente de abastecimiento está integrada por la caja eléctrica, el tanque de abastecimiento y el tanque neumático, si cualquiera de estos tres elementos falla, el sistema no puede ser accionado.

Como red de distribución se entiende el conjunto de tuberías y bombas conectadas a los gabinetes y por tanto los medios de activación serían los gabinetes. Si las tuberías presentaran obstrucciones o alguno de estos equipos fallara, el sistema no podría cumplir con el objetivo de combatir un incendio.

### 3.3. Condición actual de los equipos

Con base en la inspección realizada, se pudo percibir que el equipo no opera en condiciones óptimas. Al notar que se producen ruidos anormales en el sistema de bombeo se procede a desarmar las bombas, siendo evidente el daño causado por la humedad del área, ya que se observa oxidación en el embobinado. Las fotografías que se presentan en la siguiente figura, permiten validar la condición de los equipos descrita anteriormente.

Figura 10. Condición de los equipos



Fuente: [Fotografía de Rigoberto Rafael Sandoval López]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

Con base en la inspección del equipo que se ha realizado, son necesarias las siguientes acciones:

- Aplicación de elecsol y barniz al motor para protección del embobinado
- Cambio de sellos y cojinetes
- Rectificación del impulsor
- Cambio de platino y capacitor de arranque
- Ventilación forzada en el cuarto de máquinas para combatir la humedad

#### **3.4. Distribución del sistema**

El sistema hidráulico contra incendio se puede dividir en varias partes de acuerdo a la función de sus componentes. Se tiene una parte de almacenamiento, la cual está conformada por los tanques que almacenan el agua hasta que el sistema es activado; está la parte mecánica/eléctrica, que contiene el sistema de bombeo; y también la parte de distribución, que agrupa la tubería que conecta las bombas con los gabinetes distribuidos en el edificio interna y externamente.

Se puede describir la distribución del sistema de la siguiente forma: el punto de inicio se tienen en el cuarto de máquinas del sótano dos, lugar donde se encuentran instalados los tanques, las bombas y la caja eléctrica; el sistema se extiende verticalmente por todo el edificio a través de la tubería instalada a la par del elevador, con salida en cada nivel por medio de las mangueras resguardadas en sus respectivos gabinetes; también se extiende a lo ancho del edificio entre el primer nivel y el sótano, uno a través de la tubería que conecta el sistema con los hidrantes ubicados en ambos costados del edificio.

La distribución del sistema de bombas, que se encuentra en el cuarto de máquinas del centro comercial, se puede verificar en la siguiente figura.

Figura 11. **Sistema de bombeo en cuarto de máquinas**



Fuente: [Fotografía de Rigoberto Rafael Sandoval López]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

### **3.5. Análisis de la norma NFPA 25**

Como se ha mencionado anteriormente, estas normas aportan información sobre inspecciones, pruebas y mantenimientos que se le debe efectuar a los sistemas hidráulicos de protección contra incendios, por lo que se analizan los

requisitos generales normados, las especificaciones para las bombas, tanques de almacenamiento y las válvulas establecidas en dichas normas.

### **3.5.1. Requisitos generales**

Entre los requisitos generales que se plantean en las normas NFPA 25, se expresa la responsabilidad que debe asumir el propietario en cuanto al mantenimiento adecuado del sistema de protección contra incendio. Entre estos requisitos se encuentran los siguientes

- Se requiere de personal capacitado para realizar la inspección, prueba, mantenimiento y desactivación del sistema, pudiendo ser personal propio o subcontratado.
- Antes de cerrar o probar un suministro o el sistema en sí, el propietario debe notificar a la autoridad competente, la notificación debe incluir el objeto del cierre y el tiempo estimado; del mismo modo hay que notificar la reactivación del sistema.
- Las reparaciones o reajustes que se requieran deben ser realizadas por personal de mantenimiento calificado o por un contratista calificado.
- Los propietarios deben tener en cuenta cualquier cambio en la ocupación, uso, procesos o materiales para los que fue creado el sistema, debiendo verificar si el sistema es capaz de combatir los riesgos que los cambios conlleven.
- La localización de las válvulas de cierre debe estar señalizadas.

- Se debe llevar registros de todas las inspecciones, pruebas y mantenimiento del sistema y sus componentes, manteniéndolo disponible para posibles auditorías de autoridades competentes.
- Las actividades de inspección, prueba y mantenimiento deben conducirse de acuerdo con las reglamentaciones de seguridad aplicables, por ejemplo: contar con el equipo de protección individual correspondiente, señalar el área de trabajo, etc.

### **3.5.2. Bombas de incendio**

Entre las normas de inspección, pruebas, reportes, mantenimiento y reemplazo de componentes para las bombas de incendio, según la norma NFPA 25 se tienen los siguientes:

- El equipo auxiliar del conjunto de la bomba debe incluir accesorios como acople del eje de la bomba, válvula automática de liberación de aire, indicadores de presión, válvula de alivio de circulación, un dispositivo de prueba de las bombas, válvulas de seguridad de la bomba y tubería, detectores e indicadores de alarma, bomba Jockey y accesorios.
- El suministro de succión para la bomba de incendio debe proveer el flujo requerido a una presión manométrica de cero bar o mayor en la brida de succión de la bomba para llenar la demanda del sistema.
- La fuente de energía para el impulsor de la bomba debe proveer la potencia al freno del impulsor de modo que la bomba pueda satisfacer la demanda del sistema.

- El impulsor o motor de la bomba no se debe sobrecargar más allá de su capacidad nominal al entregar la potencia de freno necesaria.
- Los controles automáticos y manuales para aplicar la fuente de energía al impulsor deben ser capaces de proporcionar esta operación para el tipo de bomba que se usa.
- Como parte de la inspección, semanalmente deben realizarse las siguientes observaciones visuales:
  - El calor en la caseta de bombas es no menor de 21 °C.
  - Las rejillas de ventilación están libres para operación.
  - La tubería está libre de filtraciones.
  - Lectura del indicador de presión en línea de succión normal.
  - Lectura del indicador de presión en línea del sistema normal.
  - Depósito de succión lleno.
  - Filtros de succión del foso húmedo en su lugar y sin obstrucciones.
  - Válvula de prueba de flujo de agua cerrada.
  - Luz piloto de regulador de encendido iluminada.
  - Desconector cerrado.
  - Luz piloto de la fase de alarma apagada.
  - Nivel de aceite en el motor es normal.
  - La succión y descarga de las bombas y válvulas de paso están totalmente abiertas.
- Las bombas de incendio impulsadas por motor eléctrico se deben operar mensualmente.

- Se debe realizar una prueba de los equipos de bombas de incendio sin flujo de agua, iniciando la bomba automáticamente.
- La bomba eléctrica debe funcionar por un mínimo de 10 minutos.
- Debe permitirse una válvula instalada para abrirse como elemento de seguridad para que descargue el agua, siempre con personal operador calificado presente siempre que la bomba está en operación.
- El procedimiento para el sistema de las bombas incluye registrar las lecturas del indicador de presión de succión y descarga del sistema, revisar sellos, empaquetadura de la bomba para detectar descargas leves o goteo, ajustar las tuercas de los sellos de empaquetadura si es necesario, detectar ruido o vibración inusual, revisar las cajas para detectar sobrecalentamiento y registrar la presión inicial de la bomba.
- Debe hacer una prueba anual de cada equipo de bomba a flujo mínimo, nominal y máximo de la bomba de incendio, controlando la cantidad de agua descargada por medio de dispositivos de prueba aprobados.

### **3.5.3. Tanques de almacenamiento**

Entre las normas de inspección, prueba y mantenimiento de rutina en tanques de almacenamiento de agua dedicados a uso para protección contra incendio, según la norma NFPA 25 se tienen los siguientes:

- Antes de realizar cualquier prueba o procedimiento que pueda causar la activación de una alarma, el propietario debe notificar al servicio de recepción de alarmas para evitar la activación del sistema por falsa alarma.

- Los tanques equipados con alarmas supervisadas de nivel de agua conectadas a un sitio con atención constante se deben inspeccionar trimestralmente. De no contar con alarma se deben inspeccionar mensualmente.
- Los tanques a presión con suministro de presión de aire supervisado, se deben inspeccionar trimestralmente. En caso contrario debe inspeccionarse mensualmente.
- La temperatura de los tanques de agua no debe ser menor de 4.4 °C.
- La temperatura del agua en tanques con alarmas de baja temperatura conectada a un sitio con supervisión constante se debe inspeccionar mensualmente y registrarse durante la temporada de calefacción cuando la temperatura media es menos de 4.4 °C. De no contar con alarma se debe inspeccionar y registrar semanalmente en temporada de calefacción.
- El exterior del tanque, estructura de soporte, desfuegos, cimientos y pasarelas o escaleras, donde las haya, se deben inspeccionar trimestralmente para buscar señales de daño o debilitamiento.
- El área alrededor del tanque y la estructura de soporte, si la hay, se debe inspeccionar trimestralmente para garantizar que se cumplan las siguientes condiciones:
  - Que el área esté libre de almacenamiento de combustibles, basura, escombros, matorrales o materiales que pudieran presentar riesgo de exposición al fuego.

- Que el área esté libre de acumulación de material en o cerca de partes que pudieran causar una acelerada corrosión o descomposición.
- Que los lados exteriores y el tope de terraplén que soporta los tanques revestidos de tela estén libres de erosión.
- Las juntas de expansión, donde las hay, se deben inspeccionar anualmente para detectar filtraciones y grietas.
- Los aros y rejados de los tanques de madera se deben inspeccionar anualmente.
- Las superficies exteriores pintadas, revestidas o aisladas del tanque y la estructura de soporte, donde las haya, deben inspeccionarse anualmente para buscar señales de degradación.
- El interior de los tanques debe inspeccionarse cada 5 años.
- Cuando se realiza la inspección interior por medio de evaluación subacuática, debe eliminarse primero el sedimento del piso del tanque.
- El interior del tanque debe inspeccionarse para detectar señales de picaduras, corrosión, desconchado, pudrimiento u otras formas de deterioro, material de desecho y escombros, plantas acuáticas y fallas locales o general de revestimiento interior.
- Los tanques sobre cimientos tipo anillo con arena en el medio, deben inspeccionarse para detectar vacíos debajo del piso.

- Los indicadores de nivel deben probarse cada 5 años para exactitud y libertad de movimiento.
- El sistema de calefacción del tanque, donde lo haya debe probarse antes de la temporada de calefacción para garantizar que esté en condiciones correctas.
- Las alarmas de nivel alto y bajo de agua se deben probar dos veces al año.
- Los indicadores de presión deben probarse cada 5 años con un indicador calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Los indicadores inexactos dentro de 3 % de la escala del indicador que se prueba deben ser recalibrados o reemplazados.
- El tanque debe mantenerse lleno al nivel de agua designado.
- No deben dejarse en el tanque o en su superficie materiales de desecho como tablas, latas de pintura, material de ornamentación o suelto.
- Los sedimentos deben retirarse durante las inspecciones de interiores o más frecuentemente según se necesite para evitar acumulación hasta el nivel de la salida del tanque.
- Cuando se ajusta, repara, recondiciona o reemplaza un componente en un tanque de almacenamiento se deben realizar las acciones requeridas según la tabla 9.6.1. de la NFPA 25 que contiene el resumen de requisitos de acción para reemplazo de componentes agregado en anexos.

- Se debe requerir una prueba de desagüe de la tubería maestra si la válvula de control del sistema u otra válvula situada corriente arriba ha sido operada.

#### **3.5.4. Válvulas**

Entre los requisitos y disposiciones para las inspecciones, pruebas y mantenimiento de válvulas, según la norma NFPA 25, se tienen los siguientes:

- El propietario de las instalaciones debe tener la literatura del fabricante disponible para proveer instrucciones específicas para la inspección, prueba y mantenimiento de las válvulas y equipo relacionado.
- Previo a efectuar pruebas o mantenimiento de la válvula se debe notificar a todo el personal pertinente y autoridades competentes para evitar falsas alarmas.
- Todas las válvulas del sistema deben protegerse de daño físico y deben estar accesibles.
- Antes de abrir una válvula de prueba o desagüe, se debe verificar que se hayan tomado las medidas necesarias para el desagüe.
- Se debe hacer una prueba del drenaje de tubería principal anualmente, para determinar si ha habido cambios en la condición de la tubería y válvulas de control.

- Cuando hay una reducción de 10 % en la presión de flujo total comparada con la prueba de aceptación original o pruebas previas, se debe identificar la causa de la reducción y corregir si es necesario.
- Los dispositivos de flujo de agua de paleta e interruptor de presión se deben probar semestralmente.
- Cada válvula de control debe estar identificada y tener un rótulo indicando el sistema o parte del sistema que controla.
- Los sistemas con más de una válvula de control deben cerrarse para trabajar en un sistema deben tener un aviso en cada válvula afectada mencionando la existencia y localización de las otras válvulas.
- Cada válvula normalmente abierta o normalmente cerrada, se debe asegurar por medio de un sello o cierre o debe estar supervisada eléctricamente de acuerdo a las normas aplicables.
- No se requiere supervisión eléctrica o sello para las válvulas de mangueras.
- Todas las válvulas se deben inspeccionar semanalmente.
- Se permite inspeccionar mensualmente las válvulas aseguradas con cierres.
- En general la inspección de la válvula debe verificar que estén en la posición normal abierta o cerrada, debidamente sellada, cerrada o

supervisada, accesibles, equipadas con la correspondiente llave inglesa, libre de filtraciones externas y provistas de la identificación apropiada.

- Cada válvula de control debe operar anualmente en todo su rango y devolverse a su posición normal.
- Las válvulas indicadoras de poste se deben abrir hasta que se siente la torsión o resorte en la varilla, indicando que la varilla no se ha soltado de la válvula. Esta prueba se realiza cada vez que se cierra la válvula.
- Los interruptores de supervisión de las válvulas se deben probar semestralmente.
- Los vástagos de operación de las válvulas de vástago ascendente exterior se deben lubricar anualmente y cerrar completamente y reabrirse para probar su operación y distribuir el lubricante.
- Las válvulas de alarmas y sus correspondientes filtros, rejillas y orificios de restricción se deben inspeccionar internamente cada 5 años a menos que las pruebas demuestran que es necesaria una frecuencia mayor.
- Las válvulas de llenado automático de tanques se deben inspeccionar semanalmente para asegurar que las válvulas de aislamiento estén en la posición abierta normal.
- Las válvulas aseguradas con cerrojo o supervisadas eléctricamente deben inspeccionarse mensualmente.

- El recibo de debe inspeccionar para verificar que tenga calefacción y esté asegurado.
- El mantenimiento de todas las válvulas de llenado automático de los tanques debe hacerlo una persona calificada, siguiendo las instrucciones del fabricante y las políticas y procedimientos de la autoridad competente.
- Los filtros se deben limpiar trimestralmente
- Todas las válvulas de llenado automático de los tanques se deben probar anualmente, activando automáticamente la válvula reduciendo el nivel de agua en el tanque, la tasa de recarga se debe medir y registrar.
- Los indicadores se deben inspeccionar semanalmente.
- El indicador en el lado de suministro de la válvula de presión o de inundación debe indicar que se mantiene una presión normal del suministro de agua.
- Se permite hacer cada cinco años la inspección de las válvulas que se pueden ajustar sin quitar la placa frontal.



## **4. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El establecimiento de las acciones de mantenimiento preventivo específico para el sistema hidráulico contra incendios del centro comercial, se presentan como una propuesta que se basa en la información de los elementos que conforman el sistema hidráulico, el estado en el que se encuentra cada uno de ellos, así como lo que establecen las normas NFPA 25 respecto a la forma en que se deben realizar las inspecciones, pruebas y mantenimiento según sus componentes.

La elaboración del plan inicia con el planteamiento del objetivo general que se desea alcanzar, indicando el alcance del plan, la forma en que se debe distribuir, quienes son los responsables de llevar a cabo el mantenimiento, los recursos con los que se deben disponer, la descripción de las acciones de mantenimiento que se proponen y se concluye con algunas medidas de control.

Adicionalmente en este capítulo se incluye la metodología de implementación, que provee de algunas herramientas útiles para que la propuesta sea dada a conocer entre las personas que deben aplicarla de ser aprobada por el encargado del departamento de mantenimiento del centro comercial.

### **4.1. Objetivo del plan**

Establecer las acciones de mantenimiento preventivo necesarias para que el sistema hidráulico contra incendio opere adecuadamente al ser activado.

## **4.2. Alcance**

El plan de mantenimiento preventivo propuesto abarca todas aquellas actividades que se establecen para el aseguramiento de las condiciones operativas de los elementos que integran el sistema hidráulico contra incendios del centro comercial.

## **4.3. Distribución**

Es necesario realizar tres copias del documento que contenga el plan de mantenimiento preventivo que se propone, para ser distribuido de la siguiente manera:

- Administración general: documento original
- Departamento de mantenimiento: una copia
- Encargado del mantenimiento del edificio: una copia
- Encargado del mantenimiento del sistema contra incendios: una copia

## **4.4. Responsables**

La aprobación del plan propuesto, la distribución de copias del plan a quienes corresponde, así como la actualización del registro de mantenimientos, pruebas e inspecciones realizadas, es responsabilidad del jefe del departamento de mantenimiento.

El encargado de mantenimiento del edificio es el responsable de supervisar que las actividades de mantenimiento, las pruebas e inspecciones se realicen conforme a lo que establece el plan.

El técnico que se asigne como encargado de proporcionar el mantenimiento preventivo al sistema contra incendios, se ha de responsabilizar del desarrollo de las actividades, pruebas e inspecciones propuestas conforme a lo que se ha establecido en el plan, además debe elaborar un informe del trabajo realizado complementado con los formatos propuestos.

#### **4.5. Recursos**

Entre los recursos que se requieren para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo que se propone, se tienen los siguientes:

- Humanos: es necesario contar con al menos un técnico especializado en el mantenimiento de sistemas hidráulicos contra incendios y un técnico asistente.
- Herramientas: algunas de las herramientas básicas a utilizar son, una llave Stillson, desarmadores de castigadera y Phillips de diferentes tamaños, llaves inglesas de diferente tamaño, llave de acople para sistemas antiincendios, llave de pentágono de una pulgada.
- Equipos: cámara termográfica para analizar tableros y motores, kit medidor de flujo y voltímetro, equipo de señalización de áreas.
- Materiales: solvente de gran intensidad para eliminar humedad y riesgo de oxidación, barniz protector, brochas para solvente, sellos, *wipe*.
- EPI: guantes para la aplicación de solvente, lentes, chaleco con bandas reflectantes preferiblemente con reforzamiento lumbar, casco y botas industriales punta de acero.

## **4.6. Acciones de mantenimiento preventivo**

Para mantener operable cada elemento del sistema hidráulico contra incendios, la NFPA 25 establece las normas para realizar inspecciones, pruebas y mantenimiento, por lo que las acciones que se proponen, se plantean en conformidad a dichas normas.

Algunas de las acciones planteadas se asocian a mantenimiento correctivo porque hay que realizar reparaciones, sin embargo, cuando dichas reparaciones son el resultado de inspecciones y pruebas planificadas, se convierten en parte del mantenimiento preventivo, evitando que la falla interrumpa la función del sistema al ser activado.

El mantenimiento preventivo se centra en inspecciones y pruebas a realizar para verificar que el estado de los componentes del sistema sea el que corresponde, la frecuencia con que debe hacerse se establece según lo normado.

### **4.6.1. Inspecciones**

Consisten en examinar visualmente a los componentes del sistema individualmente o en conjunto, para verificar que están en condiciones de operar y libre de daño físico. Las inspecciones deben programarse con cierta frecuencia, algunas de ellas son:

- Inspección de tanques
- Inspección de bombas
- Inspección interna de la tubería
- Inspección de hidrantes y mangueras

La inspección del estado de conservación y limpieza de los tanques, se realiza semestralmente para detectar la presencia de sedimentos, incrustaciones, lodos y cualquier otra circunstancia que altere o tenga la capacidad de alterar el buen funcionamiento del sistema. Si se detecta algún caso de los antes mencionados, es necesario identificar la causa para establecer las medidas preventivas o mitigantes correspondientes.

Realizar una inspección visual semanal del tubo de succión/descarga, las conexiones y válvulas de succión/descarga, para verificar que se encuentren libres de grietas, filtraciones o cualquier otro daño físico visible.

Al llevar a cabo la inspección visual de las condiciones del sistema de bombas se debe verificar que la tubería esté libre de filtraciones, grietas o cualquier otro daño visible, que la presión en línea de succión y línea de sistema sea normal; que el depósito de succión esté lleno y que los filtros de succión estén libres de cualquier obstrucción y en su lugar.

En el equipo de bombas se revisa anualmente el juego de extremidades del eje, la lubricación de cojinetes, exactitud de manómetro, alineación de acoples, estado de filtros de succión, válvulas de fácil operación, sin filtraciones.

Se debe realizar una inspección anual de la transmisión mecánica de la bomba que requiere lubricación o cambio de engranajes en ángulo recto, cojinetes del motor, acoples y las piezas móviles visibles.

También se requiere una inspección anual del sistema eléctrico en la cual se verifica la exactitud del voltímetro y amperímetro, el estado de conexiones eléctricas, graduación del interruptor automático de presión, corrosión en tableros de circuitos, grietas en aislamientos o cualquier indicio de filtración.

Además, debe realizarse una inspección anual de los dispositivos de control de presión, tuberías, conexiones de mangueras, gabinetes, mangueras, dispositivo de almacenamiento de mangueras, boquillas de mangueras.

También debe realizarse una inspección general semanal de manómetros en el sistema, aquellos que no estén precisos dentro de 3 % del máximo de escala deben ser recalibrados o reemplazados.

Como parte de la inspección se debe determinar que los componentes del sistema de columna, mangueras y bombas están libres de corrosión, cuerpos extraños, con daño físico, alteraciones u otras condiciones que afecten adversamente la operación del sistema, por ejemplo: en las conexiones de mangueras se debe verificar si hay ausencia de tapa, manija de válvula, empaques o dispositivos de restricción; daños en las conexiones de mangueras, empaques o válvulas, así como si hay obstrucciones visibles.

Se deben retirar e inspeccionar las mangueras con sus respectivos empaques, acoples y boquillas, para verificar si hay moho, cortes, abrasiones o deterioro evidente, colocándolos nuevamente en el bastidor o carrete correspondiente cada año.

En los dispositivos de almacenamiento de mangueras se debe verificar si es de fácil operación, si hay daños u obstrucciones evidentes, si la manguera está mal organizada o enrollada, si las abrazaderas de la boquilla están en su lugar y si el soporte de la manguera tiene un giro por lo menos de 90 grados.

Los equipos que no cumplen con los parámetros establecidos, deben ser reparados y probados de nuevo o reemplazados en caso de no cumplir los parámetros establecidos nuevamente.

#### **4.6.2. Pruebas**

La norma NFPA 25 indica que todos los componentes del sistema deben ser probados para verificar que funcionan como se desea, estableciendo la frecuencia con que deben efectuarse. Estos procedimientos se usan para determinar el estado operacional de un componente o sistema, entre las pruebas físicas periódicas a realizar están:

- Prueba de flujo de agua
- Prueba de bomba de incendio
- Prueba de presión

Se deben realizar pruebas anuales a los dispositivos de flujo de agua, supervisión de válvulas, señal de supervisión y almacenamiento de mangueras.

Las pruebas de mangueras, válvula de control y reducción de presión, prueba hidrostática, prueba de flujo y prueba de drenaje principal se realizan cada 5 años.

Entre las pruebas más frecuentes que se le realizan a las bombas del sistema está la prueba de interruptor y la de operación de bomba sin flujo que se hacen mensualmente. La primera consiste en ejercitar el interruptor y verificar si está libre de alguna dificultad operativa, si se generan ruidos extraños o vibraciones de algún tipo.

La prueba de los equipos de bomba sin flujo de agua se realiza iniciando la bomba automáticamente, dejándola funcionar por al menos 10 minutos, permitiendo la sustitución del temporizador automático y una válvula instalada para abrirse como elemento de seguridad para que descargue agua.

Mientras la bomba está operando se debe registrar la presión inicial de la bomba, así como las lecturas del indicador de presión de succión y descarga del sistema, revisar tuercas, sellos y empaques en búsqueda de goteo o desperfectos. También debe observarse el tiempo que toma el motor para acelerar a velocidad plena, registrar el tiempo que la bomba funciona después de arrancar.

Entre las pruebas anuales está la de los medios manuales de arranque y la operación de bomba con flujo. La primera consiste en accionar el sistema de bombas manualmente, registrando el tiempo de respuesta. En la segunda se evalúa cada equipo de bomba a flujo mínimo, nominal y máximo con un dispositivo de prueba aprobado para controlar la cantidad de agua descargada.

El caudal total de la bomba se determina con las medidas de flujo de cada chorro de manguera y las presiones de succión y descarga; debiendo cerciorarse de que se cuenta con un drenaje adecuado para la descarga de agua con las mangueras a alta presión.

La prueba hidrostática se realiza a 13,8 bar o 200 psi de presión mínimo por un lapso de dos horas, así mismo es posible realizar dicha prueba a 3,4 bar o 50 psi en caso de que la presión máxima exceda los 10,3 bar o 150 psi, tomar en cuenta que la presión se mide en el punto de elevación más bajo del sistema, verificando que la tubería interna no presente filtraciones.

#### **4.6.3. Medidas de seguridad**

Las actividades de mantenimiento preventivo deben realizarse tomando las medidas de seguridad necesarias, tales como:

- Verificar la existencia de materiales peligrosos en las áreas donde se efectúe el mantenimiento.
- Portar el equipo de protección individual que brinde protección contra caídas, ahogamiento, inhalación de sustancias tóxicas, impactos en cualquier parte del cuerpo.
- Establecer un perímetro de trabajo durante las inspecciones, pruebas o mantenimiento.
- Circular y señalizar el área de trabajo durante las inspecciones, pruebas o mantenimiento.
- Tomar precauciones al realizar inspecciones, pruebas o mantenimiento a elementos eléctricos.

#### **4.7. Medidas de control**

Es necesario crear medios para llevar un control de las acciones de mantenimiento que se realizan, por lo que se elaboran formatos de control. Los cuales consisten en un listado de actividades a realizar, donde el técnico debe ir verificando que cada acción se realice adecuadamente en la frecuencia establecida. Cada formato cuenta con una columna donde se indica el elemento que se ha de inspeccionar o probar, una fila con celdas calendarizadas semanalmente, cada celda gris bajo una celda con nombre F indica la frecuencia con que se debe realizar cada actividad. Cada celda blanca bajo una celda con nombre R, es el espacio donde se coloca la marca de cotejo si se ha realizado la actividad indicada o con una X en caso contrario.

Debido a que hay algunos elementos en los que se deben realizar distintas acciones o que hay que revisar diferentes partes del elemento, algunos de los formatos cuentan con una sección donde se enlistan dichas acciones y a la par una celda en blanco para poner la marca de cotejo si se realiza la actividad y con una X, si no se realiza la actividad indicando en la sección de observaciones el motivo por el cual no se realiza. En las siguientes tablas se presentan los formatos de control que se proponen.

Tabla VII. **Formato de prueba e inspección en tanques**

PRUEBA E INSPECCIÓN SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS													
Tanque de Almacenamiento													
Nombre de quién lo realiza:													
No.	Elemento de inspección	FECHA		FECHA		FECHA		FECHA		FECHA			
		F	R	F	R	F	R	F	R	F	R		
1	Válvulas de control												
2	Nivel de agua												
3	Presión de aire												
4	Tanque exterior												
5	Tanque interior			INSPECCIÓN SEMESTRAL									
Conservación y limpieza de tanques:		Sedimentos						Lodos					
		Incrustaciones						Otros					
Observaciones generales													

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Formato para las bombas del sistema

PRUEBA E INSPECCIÓN SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS											
BOMBAS CONTRA INCENDIO											
Nombre de quién lo realiza:											
No.	Elemento de inspección	FECHA		FECHA		FECHA		FECHA		FECHA	
		F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	Succión y descarga										
2	Tubería libre de filtraciones										
3	Presión en línea de succión										
4	Presión en línea del sistema										
5	Depósito de succión lleno										
6	Filtros de succión										
7	Prueba de interruptor										
8	Operación de bomba sin flujo										
9	Medios manuales de arranque			PRUEBA ANUAL							
10	Operación de bomba con flujo			PRUEBA ANUAL							
11	Equipo de bombas			INSPECCIÓN ANUAL							
REVISIÓN DE:		Juego de extremidad del eje				Alineación de acoples					
		Lubricación de cojinetes				Filtros de succión					
		Exactitud de manómetro				Válvulas					
12	Transmisión mecánica			INSPECCIÓN ANUAL							
LUBRICACIÓN Y/O CAMBIO DE:		Engranajes en ángulo recto				Acoples					
		Cojinetes del motor				Piezas móviles					
13	Sistema eléctrico			INSPECCIÓN ANUAL							
REVISIÓN DE:		Exactitud voltímetro				Corrosión en tableros					
		Exactitud amperímetro				Grietas en aislamientos					
		Conexiones eléctricas				Filtración					
<b>Observaciones generales</b>											

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Formato para el sistema de columnas y mangueras

PRUEBA E INSPECCIÓN SISTEMA HIDRAULICO CONTRA INCENDIOS									
SISTEMA DE COLUMNAS Y MANGUERAS									
Nombre de quién lo realiza:									
No.	Elemento de prueba o inspección	Frecuencia Inspección	Frecuencia prueba	FECHA		FECHA		FECHA	
				F	R	F	R	F	R
1	MANÓMETRO	Semanal	Semanal						
2	TUBERÍA								
	Soporte de tuberías	Anual							
	Estado general	Anual							
	Prueba hidrostática		Quinquenal						
	Prueba de flujo		Quinquenal						
	Prueba de drenaje		Anual						
3	MANGUERAS								
	Conexiones de mangueras	Anual							
	Boquillas de mangueras	Anual							
	Soporte de manguera	Anual							
	Estado general	Anual							
4	GABINETES	Anual							
5	HIDRANTES	Anual							
6	VÁLVULAS								
	De control	Semanal							
	De control de presión		Anual						
	Reductora de presión		Anual						
	De manguera	Trimestral	Anual						
7	DISPOSITIVOS								
	De control de presión	Semanal							
	De almacenamiento de mangueras	Anual	Anual						
	De flujo de agua		Anual						
	Reguladores de presión en válvulas de mangueras	Trimestral							
	Reguladores de presión del sistema	Trimestral							
Estado general del sistema de columnas y mangueras:		Grietas		Desgaste					
		Filtraciones		Corrosión					
		Obstrucciones		Daño físico					
		Alteraciones		Cuerpos extraños					
Observaciones generales									

Fuente: elaboración propia.

Complementariamente, se debe crear una base de datos con la información del estado de cada componente, así como las acciones de mantenimiento que le han sido aplicadas y con ello darle continuidad, es decir, establecer las fechas en que se debe repetir las acciones planteadas y cumplir con la frecuencia que se establece en la norma NFPA 25.

Es importante indicar que estos formatos pueden utilizarse como guía práctica de lo que se establece en las normas y una forma sencilla de almacenar la información respecto a los ajustes, reemplazos, reparaciones o limpiezas que sean aplicados al sistema, incluyendo sus respectivos componentes para considerarlo e implementarlo en las siguientes programaciones manteniendo así la constante retroalimentación que permita conservar la vida útil del sistema.

La aplicación de los formatos de pruebas e inspecciones para los elementos del sistema se muestra en las siguientes figuras, las cuales se pueden archivar de forma física y digital, según la disponibilidad o capacidad de las personas que se asignen como responsables de la ejecución de la propuesta.

Tabla X. Aplicación de formato de prueba e inspección en tanques

PRUEBA E INSPECCIÓN SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS																														
Tanque de Almacenamiento																														
Nombre de quién lo realiza:																														
No. Elemento de inspección	05/10/2020		12/10/2020		19/10/2020		26/10/2020		02/11/2020		09/11/2020		16/11/2020		23/11/2020		30/11/2020		07/12/2020		14/12/2020		21/12/2020		28/12/2020					
	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A		
1 Válvulas de control			✓			✓																								
2 Nivel de agua			✓																											
3 Presión de aire			✓																											
4 Tanque exterior			✓																											
5 Tanque interior			✓																											
INSPECCIÓN SEMESTRAL, por lo que se debe programar la próxima inspección para el 05/04/2021																														
Conservación y limpieza de tanques:		Sedimentos		✓		Lodos		✓		Observaciones:																				
		Incrustaciones		✓		Otros		✓																						
Observaciones generales																														

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI.

Aplicación de formato de prueba e inspección en bombas

PRUEBA E INSPECCIÓN SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS																											
BOMBAS CONTRA INCENDIO																											
Nombre de quién lo realiza:																											
No.	Elemento de inspección	05/10/2020	12/10/2020	19/10/2020	26/10/2020	02/11/2020	09/11/2020	16/11/2020	23/11/2020	30/11/2020	07/12/2020	14/12/2020	21/12/2020	28/12/2020													
		F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R												
1	Succión y descarga	✓	✓	✓	✓																						
2	Tubería libre de filtraciones	✓	✓	✓	✓																						
3	Presión en línea de succión	✓	✓	✓	✓																						
4	Presión en línea del sistema	✓	✓	✓	✓																						
5	Depósito de succión lleno	✓	✓	✓	✓																						
6	Filtros de succión	✓	✓	✓	✓																						
7	Prueba de interruptor	✓																									
8	Operación de bomba sin flujo	✓																									
9	Medios manuales de arranque	✓																									
10	Operación de bomba con flujo	✓																									
11	Equipo de bombas	✓																									
	REVISIÓN DE:																										
	Juego de extremidad del eje	✓																									
	Lubricación de cojinetes	✓																									
	Exactitud de manómetro	✓																									
	Alineación de acoples	✓																									
	Filtros de succión	✓																									
	Válvulas	✓																									
12	Transmisión mecánica	✓																									
	LUBRICACIÓN Y/O CAMBIO DE:																										
	Engranajes en ángulo recto	✓																									
	Cojinetes del motor	✓																									
	Acoples	✓																									
	Piezas móviles	✓																									
13	Sistema eléctrico	✓																									
	REVISIÓN DE:																										
	Exactitud voltímetro	✓																									
	Exactitud amperímetro	✓																									
	Conexiones eléctricas	✓																									
	Filtración	✓																									
	Observaciones generales																										

Fuente: elaboración propia.



#### **4.8. Difusión y capacitación**

Como se explica en el punto 4.3, se debe distribuir una copia al jefe de mantenimiento, al encargado del mantenimiento general del edificio y al encargado del mantenimiento del sistema hidráulico contra incendios. La aplicación de la propuesta se puede llevar a cabo de dos formas:

- Proporcionar capacitación a un técnico del departamento para que realice las actividades de mantenimiento preventivo propuestas.
- Subcontratar a una empresa que se encargue de realizar el mantenimiento preventivo con base en las acciones propuestas, en cuyo caso se capacita a un técnico que dé acompañamiento para verificar que dichas actividades se realicen o dicho en otras palabras, que supervise la ejecución.

En ambos casos se requiere de una capacitación de seis horas mínimas para el técnico asignado y el jefe del departamento de mantenimiento del centro comercial.

Se ocupan aproximadamente dos horas para darle lectura a las actividades propuestas e ir explicando desde la teoría lo que se requiere para cada uno de ellos, esto se puede realizar en la oficina administrativa en la cual se llevan a cabo las reuniones de trabajo del centro comercial.

Se ocupan dos horas para llevar a cabo la parte práctica en cuanto a las inspecciones, las pruebas y mantenimiento, que se realiza en el cuarto de máquinas principalmente. Dejando por último otras dos horas para la aplicación de formatos, registro y resolución de dudas, lo cual también se realiza en la

oficina administrativa. La información concerniente a la capacitación, se agrupa y presenta en la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Esquema de capacitación**

<b>CAPACITACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				
<b>SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIO</b>				
<b>Puestos participantes:</b>			<b>Duración total</b>	
1	Jefe del departamento de mantenimiento		6 h	
2	Encargado de mantenimiento del edificio			
<b>Material de apoyo</b>			<b>Cantidad</b>	
1	Copias del plan de mantenimiento preventivo propuesto		3	
2	Juegos de formatos para inspección, prueba y mantenimiento		3	
3	Copias de las normas NFPA 25		3	
4	Equipo de cómputo para la presentación		1	
<b>Tipos de capacitación</b>	<b>Duración</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ubicación</b>	
1	Módulo teórico	2 h	Consiste en dar lectura a las actividades propuestas, explicando desde la teoría lo que se requiere para cada actividad	Oficina administrativa
2	Módulo práctico	2 h	Se explica desde la práctica lo que se refiere a las inspecciones, pruebas y actividades de mantenimiento preventivo	Cuarto de máquinas
3	Módulo complementario	2 h	Consiste en presentar y explicar la aplicación de formatos, el registro de las actividades y se deja un espacio para la resolución de dudas	Oficina administrativa

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. El diseño del plan propuesto, ha sido posible al tomar como base aspectos teóricos y técnicos en cuanto al funcionamiento y composición del sistema hidráulico de bomba estacionaria instalada en un centro comercial de Guatemala; validando en campo las necesidades de mantenimiento según el tipo de componentes que se han instalado en el sistema y sus respectivas condiciones.
2. El conjunto de elementos y accesorios críticos que aseguran el buen funcionamiento de un sistema hidráulico contra incendios está conformado por el tanque de almacenamiento de agua al ser la fuente de abastecimiento; el sistema de bombeo y las tuberías por ser los medios de distribución; y el sistema de accionamiento. Todos los elementos son críticos porque de fallar cualquiera de ellos, hace que los demás sean obsoletos, ocasionando desde pérdidas materiales millonarias e inclusive haber consecuencias mortales con pérdidas humanas.
3. En síntesis, para que el sistema opere en óptimas condiciones, el tanque debe estar libre de grietas; libre de elementos de obstrucción o fugas de cualquier tipo; el sistema de bombeo debe ser eléctrica y mecánicamente funcionalmente comprobada bajo inspecciones frecuentes; la tubería y las mangueras deben estar libre de obstrucciones, moho, cortes, abrasiones y deterioro evidentes que puedan tener como resultado fuga de agua y cambios de presión en el sistema.

4. Al determinar acciones de mantenimiento que se deben adecuar al sistema hidráulico contra incendios instalado en un centro comercial con base en el análisis de la norma NFPA 25. Con dicha información se crean formatos de control, que enlistan las actividades de mantenimiento a realizar, de esta manera es posible crear un registro de las acciones preventivas realizadas y la frecuencia con la que se deben repetir, para asegurar la eficiencia del plan propuesto.
  
5. Para presentar el plan de mantenimiento al departamento encargado del centro comercial, es necesario en primer lugar la aprobación de la administración para luego realizar una convocatoria a la capacitación. Dicha capacitación consta de un módulo teórico, un módulo práctico y un módulo complementario. el cual incluye copias impresas del plan de mantenimiento y los formatos de control para cada participante.

## RECOMENDACIONES

1. Al diseñar un plan de mantenimiento preventivo se sugiere hacer uso de las normas internacionales y las que recomiendan los fabricantes de los equipos o piezas específicas; sobre todo en cuanto a la periodicidad del mantenimiento del sistema.
2. Al determinar la criticidad de los elementos y accesorios del sistema es evidente la necesidad de concientizar al departamento técnico la importancia de realizar cada mantenimiento adecuadamente y con la frecuencia establecida, por lo que se puede organizar una capacitación anual para los técnicos del departamento de mantenimiento.
3. Aún cuando los componentes que conforman el sistema contra incendios del centro comercial se encuentren en óptimas condiciones, es indispensable que se cuente con el abastecimiento de agua según lo especifica la norma NFPA 25 para responder ante un incendio, por ello la administración debe considerar como prioridad la construcción de un tanque independiente para el sistema anti incendio que abastece el edificio, ya que al encontrarse al mismo nivel que la tubería del sistema contra incendios compromete la disponibilidad de este recurso y por tanto la funcionalidad de todo el sistema.
4. Para la ejecución del plan de mantenimiento, es crucial elegir un técnico que cuente con los recursos, la capacidad y responsabilidad para realizar cada una de las actividades propuestas.

5. La metodología para presentar el plan de mantenimiento que se propone puede variar acorde a conveniencia tanto de la administración como del departamento de mantenimiento, sobre todo en cuanto a la distribución del tiempo.

## REFERENCIAS

1. Baldin, A., Founaletto, L., Rovesi, A., y Turco, F. (1982). *Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales*. España: Librería Técnica. Recuperado de [https://www.imosver.com/es/libro/manual-de-mantenimiento-de-instalaciones-industriales\\_RAM0003856](https://www.imosver.com/es/libro/manual-de-mantenimiento-de-instalaciones-industriales_RAM0003856).
2. Carrillo, A., Villalva, E. y Varas, M. (2018). *Diseño y selección de sistemas contra incendios*. Babahoyo Ecuador: CIDEPRO. Recuperado de <https://1library.co/document/y4mggwry-andrea-victoria-nieto-carrillo-edgar-enrique-villalva-cardenas-marco-polo-varas-flores-diseno-y-seleccion-de-sistemas-contraincendio-en-plantas.html>.
3. Castillo, Y. (3 de enero de 2014). El Mantenimiento Industrial. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos101/el-mantenimiento-industrial/el-mantenimiento-industrial.shtml>.
4. Figueroa, M. (2010). *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo* (Tesis de licenciatura). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0625\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0625_M.pdf).

5. Flores, C. (2018). *Diseño de un sistema de agua contra incendios para el centro comercial batan shopping perteneciente a la empresa piedra huasi S.A.* (Tesis de maestría). Universidad de Azuay Sede Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8662>.
6. García, S. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento: manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. España: Renovetec. Recuperado de [https://www.academia.edu/26600543/Ingenier%C3%ADa\\_de\\_mantenimiento\\_Manual\\_pr%C3%A1ctico\\_para\\_la\\_gesti%C3%B3n\\_eficaz\\_del\\_mantenimiento\\_industrial](https://www.academia.edu/26600543/Ingenier%C3%ADa_de_mantenimiento_Manual_pr%C3%A1ctico_para_la_gesti%C3%B3n_eficaz_del_mantenimiento_industrial).
7. Hill, D. (1996). *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*. Gran Bretaña: Routledge.
8. Mobley, K., Higgins, L. y Wikoff, D. (2008). *Maintenance Engineering Handbook*. Boston, Estados Unidos: McGraw-Hill Professional.
9. Mocada, J. (Junio, 2007). Los ingenieros de protección contra incendios y el CEPI. *NFPA Journal Latinoamericano*, Vol. único, 3-4. Recuperado de <https://www.nfpajla-digital.org/nfpajla/200706sp/MobilePagedReplica.action?pm=2&folio=Cover#pg1>.
10. Monchy, F. (1990). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial*. Barcelona: Masson S.A.

11. National Fire Protection Association (2020). *NFPA 25, Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua*. Quincy, Estados Unidos: "Autor".
12. Nieto, A., Villalva, E. y Varas, M. (2018). *Diseño y selección de sistemas contra incendio en plantas envasadoras de GLP*. Ecuador: CIDEPRO.
13. Olarte, W. (Agosto, 2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et Technica*, 45(1), 223-226. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249041.pdf>.
14. Peinado, A. (2001). *Inspección y Prevención de Incendios*. España: Libros en la Red. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/14623294/inspeccion-y-prevencion-de-incendios-distribuidora-san-martin-de->.
15. Petersen, C. (2015). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo del sistema hidráulico contra incendio basado en NFPA 25 de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13418/1/UPS-GT001774.pdf>.

16. Pinedo, J. (2017). *Generar estrategias de mantenimiento para un sistema contra incendio en campus San Joaquín* (Tesis de grado). Universidad Técnica Federico Santa María, Chile. Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23335/3560902038371UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
17. Richardson, K. (2003). *History of fire protection engineering*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association; Bethesda, Md.: Society of Fire Protection Engineers.
18. Ruiz, O. (2016). *Sistemas hidráulicos de protección contra incendios* (Tesis de maestría). Universidad de Colombia, Colombia. Recuperado de <https://dokumen.tips/documents/sistemas-hidraulicos-de-proteccion-contra-incendios-diseo-tllez-oscar.html>.
19. Skinner, S. (Septiembre, 2008). A very brief history of hydraulic technology during antiquity. *Springer Science*, 8(1), 471-484. Recuperado de <http://redac.eng.usm.my/EAH/Literature/Larry%20Mays%20Hydraulic%20History2008.pdf>.
20. Tavares, L. (1999). *Administración moderna de mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicações.

21. Viveros, S. (Noviembre, 2013). Propuesta de un modelo de mantenimiento de apoyo. *Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125-138. Recuperado de [https://www.academia.edu/21755483/Propuesta\\_de\\_un\\_modelo\\_de\\_gesti%C3%B3n\\_de\\_mantenimiento\\_y\\_sus\\_principales\\_herramientas\\_de\\_apoyo](https://www.academia.edu/21755483/Propuesta_de_un_modelo_de_gesti%C3%B3n_de_mantenimiento_y_sus_principales_herramientas_de_apoyo).
22. Zandivar, R. (Septiembre – octubre, 2018). Mantenimiento una Tarea constante. *Revista Contra Incendios*, 3(20), 30-35. Recuperado de [https://issuu.com/revistacontraincendiomexico/docs/revista\\_contraincendio\\_sep-oct\\_2018](https://issuu.com/revistacontraincendiomexico/docs/revista_contraincendio_sep-oct_2018).



## ANEXOS

A continuación, se presentan las tablas de la norma NFPA 25 que contienen las actividades de mantenimiento que se requieren para sistemas hidráulicos contra incendios tomadas en cuenta para la elaboración del plan.

**Anexo 1. Tabla resumen de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de columnas y mangueras**

Ítem	Frecuencia	Referencia
<b>Inspección</b>		
Válvulas de control		Tabla 13.1
Dispositivos de control de presión		Tabla 13.1
Tuberías	Anual	6.2.1
Conexiones de mangueras		Tabla 13.1
Gabinets	Anual	NFPA 1962
Manómetros	Semanal	6.2.2
Mangueras	Anual	NFPA 1962
Dispositivo de almacenamiento de mangueras	Anual	NFPA 1962
Boquillas de Mangueras	Anualmente y después de cada uso	NFPA 1962
Aviso de información de diseño hidráulico	Anual	6.2.3
<b>Prueba</b>		
Dispositivos de flujo de agua		Tabla 13.1
Dispositivos de supervisión de válvulas		Tabla 13.1
Dispositivos de señal de supervisión (excepto interruptores de supervisión de válvulas)		Tabla 13.1
Dispositivo de almacenamiento de mangueras	Anual	NFPA 1962
Mangueras	5 años 3 años	NFPA 1962
Válvula de control de presión		Tabla 13.1
Válvula reductora de presión		Tabla 13.1
Prueba hidrostática	5 años	6.3.2
Prueba de flujo	5 años	6.3.1
Prueba de drenaje principal		Tabla 13.1

Fuente: National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 25, Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.*

## Anexo 2. Tabla sistemas de columnas y mangueras

Componente / punto de verificación	Acción correctiva
<b>Conexiones de mangueras</b> Tapa faltante Conexión de manguera de incendio dañada Volante o manija de válvula faltante Empaques de la tapa faltantes o deteriorados Válvula con filtración Obstrucciones visibles Dispositivo de restricción faltante Válvula manual, semiautomática, o de columna seca, que no opera fácilmente	Reemplazar Reparar Reemplazar Reemplazar Cerrar o reparar Retirar Reemplazar Lubricar o reparar
<b>Tubería</b> Tubería dañada Válvulas de control dañadas Dispositivo de soporte de tubería faltante o dañado Dispositivos de control dañados	Reparar Reparar o reemplazar Reparar o reemplazar Reparar o reemplazar
<b>Mangueras</b> Inspección  Moho, cortes, abrasiones y deterioro evidentes Acople dañado Empaques faltantes o deteriorados Roscas incompatibles en los acoples Manguera no conectada al niple del bastidor o válvula Prueba de manguera vencida	Quitar e inspeccionar las mangueras, incluyendo empaques, y montar de nuevo en bastidor o carrete a intervalos de tiempo de acuerdo con NFPA 1962. <i>Norma para el cuidado, uso y pruebas de servicio de mangueras de incendio incluyendo acoples y boquillas</i> Reemplazar con manguera listada, forrada y revestida Reemplazar o reparar Reemplazar Reemplazar o proveer adaptador de roscas Conectar Probar de nuevo o reemplazar de acuerdo con NFPA 1962
<b>Boquillas de mangueras</b> Boquilla de manguera faltante Empaques faltantes o deteriorados Obstrucciones Boquilla no opera fácilmente	Reemplazar con boquilla listada Reemplazar Retirar Reparar o reemplazar
<b>Dispositivo de almacenamiento de mangueras</b> Difícil de operar Dañado Obstrucción Manguera mal organizada o mal enrollada Abrazadera de la boquilla en su lugar y asegurada? Si está guardada en un gabinete, el soporte de la manguera debe girar por lo menos 90 grados?	Reparar o reemplazar Reparar o reemplazar Remover Remover Reemplazar si es necesario Reparar o quitar obstrucciones
<b>Gabinete</b> Revisar el estado general para detectar partes corroidas o dañadas  Difícil de abrir Puerta del gabinete no abre completamente Esmalte de la puerta agrietado o roto Si el gabinete es del tipo de vidrio de romper, está la cerradura funcionando correctamente? Dispositivo para romper el vidrio falta o no adjunto No identificado correctamente como equipo de incendio Obstrucciones visibles Todas las válvulas, mangueras, boquillas, extintores, etc. fácilmente accesibles.	Reparar o reemplazar las partes; reemplazar todo el gabinete si es necesario Reparar Reparar o mover obstrucciones Reemplazar Reparar o reemplazar  Reemplazar o adjuntar Proveer identificación Retirar Retirar todo el material no relacionado

Fuente: National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 25, Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.*

Anexo 3. **Tabla resumen de inspección, prueba y mantenimiento de bombas de incendio**

Completar según el caso	Inspección visual	Revisión	Cambio	Limpieza	Prueba	Frecuencia
<b>Equipo de Bombas</b>						
Lubricar los cojinetes			X			Anual
Revisar el juego de la extremidad del eje		X				Anual
Verificar exactitud de indicadores de presión (manómetros) y detectores		X	X			Anual (cambiar o recalibrar cuando estén 5% descalibrados)
Revisar alineación de acoples		X				Anual
Filtros de succión de foso húmedo		X		X		Después de cada operación de la bomba
<b>Transmisión mecánica</b>						
Lubricar acoples			X			Anual
Lubricar engranajes en ángulo recto			X			Anual
<b>Sistema eléctrico</b>						
Ejecitar el interruptor y cortacircuitos					X	Mensual
Disparar el cortacircuitos (si existe el mecanismo)					X	Anual
Accionar los medios manuales de arranque					X	Semestral
Inspeccionar y accionar los medios manuales de arranque de emergencia (sin energía)	X				X	Anual
Ajustar las conexiones eléctricas si es necesario		X				Anual
Lubricar las piezas móviles (excepto los arranques y relevos)		X				Anual
Calibrar la graduación del interruptor automático de presión		X				Anual
Engrasar los cojinetes del motor			X			Anual
Exactitud voltímetro y amperímetro (5%)		X				Anual
Cualquier corrosión en tableros de circuitos impresos (PCB)	X					Anual
Cualquier aislamiento de cable alambre agrietado	X					Anual
Cualquier filtración en partes de plomería	X					Anual
Cualquier señal de agua en partes eléctricas	X					Anual
<b>Equipo de motor diesel</b>						
<i>Combustible</i>						
Nivel del tanque	X	X				Semanal
Interruptor de flotador del tanque	X				X	Semanal
Operación de la válvula solenoide	X				X	Semanal
Tamiz, filtro, o canal de sedimentos, o combinación de estos				X		Trimestral
Agua y materias extrañas en el tanque				X		Anual
Agua en el equipo		X		X		Semanal
Mangueras y conectores flexibles	X					Semanal
Orificios en el tanque y tubería de desbordamiento		X			X	Anual
Tuberías	X					Anual
Cajas, paneles y gabinetes				X		Semestral
Corta circuitos o fusibles	X	X				Mensual
Corta circuitos o fusible			X			Bianual
Exactitud voltímetro y amperímetro (5%)		X				Anual
Cualquier corrosión en tableros de circuitos impresos (PCB)	X					Anual
Cualquier aislamiento de cable alambre agrietado	X					Anual
Cualquier filtración en partes de plomería	X					Anual
Cualquier señal de agua en partes eléctricas	X					Anual

Fuente: National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 25, Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.*

Anexo 4. **Tabla resumen de inspección, prueba y mantenimiento de bombas de incendio**

Item	Frecuencia	Referencia
<b>Inspección</b>		
Caseta de bombas, rejilla de ventilación de calefacción	Semanal	8.2.2(1)
Sistema de bombas de incendio	Semanal	8.2.2(2)
<b>Prueba</b>		
Operación de la bomba		
Sin flujo		
Bombas con motor diesel	Semanal	8.3.1
Bombas con motor eléctrico	Mensual	
Con flujo		
Señales de alarma de la bomba	Anual	8.3.3
	Anual	8.3.3.5
<b>Mantenimiento</b>		
Hidráulico	Anual	8.5
Transmisión mecánica	Anual	8.5
Sistema eléctrico	Variable	8.5
Controlador, diferentes componentes	Variable	8.5
Motor	Anual	8.5
Sistema de máquina diesel, diferentes componentes	Variable	8.5

Fuente: National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 25, Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.*

**Anexo 5. Tabla resumen de inspección, prueba y mantenimiento de tanques de almacenamiento de agua**

Item	Frecuencia	Referencia
<b>Inspección</b>		
Temperatura del agua - alarmas de baja temperatura conectadas a ubicación atendida permanentemente	Mensual	9.2.4.2
Temperatura del agua - alarmas de baja temperatura no conectadas a ubicación atendida permanentemente	Semanal	9.2.4.3
Sistema de calefacción - tanque con alarmas de baja temperatura supervisadas y conectadas a ubicación atendida permanentemente	Semanal*	9.2.3.1
Sistema de calefacción - tanque sin alarmas de baja temperatura supervisadas y conectadas a ubicación atendida permanentemente	Diaria*	9.2.3.2
Válvulas de control		Tabla 13.1
Nivel de agua - tanques equipados con alarmas de nivel de agua conectadas a ubicación atendida permanentemente	Trimestral	9.2.2.1
Nivel de agua - tanques no equipados con alarmas de nivel de agua conectadas a ubicación atendida permanentemente	Mensual	9.2.1.2
Presión de aire - tanques con su fuente de presión de aire supervisada	Trimestral	9.2.2.1
Presión de aire - tanques sin su fuente de presión de aire supervisada	Mensual	9.2.2.2
Tanque exterior	Trimestral	9.2.5.1
Estructura portante	Trimestral	9.2.5.1
Pasarelas y escaleras	Trimestral	9.2.5.1
Área alrededor	Trimestral	9.2.5.2
Tolvas y rejillas	Anual	9.2.5.4
Pintura recubrimientos	Anual	9.2.5.5
Juntas de expansión	Anual	9.2.5.3
Interior - tanques sin protección anticorrosiva	3 años	9.2.6.1.1
Interior - todos los otros tanques	5 años	9.2.6.1.2
Alarmas de temperatura - conectadas a ubicación atendida permanentemente	Mensual*	9.2.4.2
Alarmas de temperatura - no conectadas a ubicación atendida permanentemente	Semanal*	9.2.4.3
Válvulas de retención		Tabla 13.1
<b>Pruebas</b>		
Sistema calefacción del tanque	Antes de estación fría	9.3.2
Alarmas de baja temperatura del agua	Mensual*	9.3.3
Interruptores de límite de alta temperatura	Mensual *	9.3.4
Alarmas de nivel de agua	Semestral	9.3.5
Indicadores de nivel	5 años	9.3.1
Manómetros	5 años	9.3.6
<b>Mantenimiento</b>		
Nivel de agua		9.4.2
Válvulas de control		Tabla 13.1
Depósito revestido con tela de soporte		9.4.6
Válvulas de retención		13.4.2.2

Fuente: National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 25, Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.*

**Anexo 6. Tabla resumen de inspección, prueba y mantenimiento de válvulas, componentes de válvulas y guarniciones**

Ítem	Actividad	Frecuencia
<b>Inspección</b>		
<i>Válvulas de Control</i>		
Selladas	Semanal	13.3.2.1
Cerradas	Mensual	13.3.2.1.1
Interruptores de manipulación	Mensual	13.3.2.1.1
<i>Válvulas de Alarma</i>		
Exterior	Mensual	13.4.1.1
Interior	5 años	13.4.1.2
Filtros, tamices, orificios	5 años	13.4.1.2
<i>Válvulas de Retención</i>		
Interiores	5 años	13.4.2.1
<i>Válvulas de prevención inundación</i>		
Encierro (en clima frío)	Diaria semanal	13.4.3.1
Exterior	Mensual	13.4.3.1.6
Interior	Anual 5 años	13.4.3.1.7
Filtros, tamices, orificios	5 años	13.4.3.1.8
<i>Válvulas de tubería seca/ dispositivos de apertura rápida</i>		
Manómetros	Semanal mensual	13.4.4.1.2.4, 13.4.4.1.2.5
Encierro (en clima frío)	Diaria semanal	13.4.4.1.1
Exterior	Mensual	13.4.4.1.4
Interior	Anual	13.4.4.1.5
Filtros, tamices, orificio	5 años	13.4.4.1.6
<i>Válvulas reductoras de presión y de seguridad</i>		
Sistemas de rociadores	Trimestral	13.5.1.1
Conexiones de mangueras	Anual	13.5.2.1
Soportes de mangueras	Anual	13.5.3.1
Bombas de incendio		
Válvulas de seguridad de la carcasa	Semanal	13.5.7.1, 13.5.7.1.1
Válvulas de alivio de presión	Semanal	13.5.7.2, 13.5.7.2.1
<i>Conjuntos de prevención de reflujos</i>		
Presión reducida	Semanal mensual	13.6.1
Detectores de presión reducida	Semanal mensual	13.6.1
<i>Conexiones de bomberos</i>		
	Trimestral	13.7.1
<b>Prueba</b>		
<i>Drenajes principales</i>		
	Anual trimestral	13.2.5, 13.2.5.1, 13.3.3.4
<i>Alarmas de flujo de agua</i>		
	Trimestral semestral	13.2.6
<i>Válvulas de control</i>		
Posición	Anual	13.3.3.1
Operación	Anual	13.3.3.1
Supervisión	Semestral	13.3.3.5

Fuente: National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 25, Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.*

Anexo 7. **Continuación de tabla resumen de inspección, prueba y mantenimiento de válvulas, componentes de válvulas y guarniciones**

**Tabla 13.1.1.2 Continuación**

Ítem	Actividad	Frecuencia
<i>Válvulas de preacción diluvio</i>		
Purga de agua	Trimestral	13.4.3.2.1
Alarmas de presión baja de aire	Trimestral anual	13.4.3.2.13, 13.4.3.2.14
Flujo total	Anual	13.4.3.2.2
<i>Válvulas de tubería seca: dispositivos de apertura rápida</i>		
Agua de purga	Trimestral	13.4.4.2.1
Alarma de presión baja de aire	Trimestral	13.4.4.2.6
Dispositivos de apertura rápida	Trimestral	13.4.4.2.4
Prueba de desconexión	Anual	13.4.4.2.2
Prueba de desconexión a flujo total	3 años	13.4.4.2.2.2
<i>Válvulas reductoras de presión y de alivio</i>		
Sistemas de rociadores	5 años	13.5.1.2
Alivio de circulación	Anual	13.5.7.1.2
Válvulas de alivio	Anual	13.5.7.2.2
Conexiones de mangueras	5 años	13.5.2.2
Soportes de mangueras	5 años	13.5.3.2
<i>Conjuntos de prevención de reflujos</i>	Anual	13.6.2
<b>Mantenimiento</b>		
<i>Válvulas de control</i>	Anual	13.3.4
<i>Válvulas de preacción diluvio</i>	Anual	13.4.3.3.2
<i>Válvulas de tubería seca: dispositivos de apertura rápida</i>	Anual	13.4.4.3

Fuente: National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 25, Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.*

