

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO - CHILE**



**“GENERAR ESTRATEGIA DE
MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS
CONTRA INCENDIO EN CAMPUS
SAN JOAQUÍN”**

**JOSE PEDRO PINEDO RIED
MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL MECÁNICO**

**Profesor Guía: Luis Guzmán
Profesor Correferente: Jaime Núñez**

NOVIEMBRE - 2017

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a mis padres Juan Luis y Pamela, a mis hermanos Juan Luis, Loreto y Andrés; a mis queridos sobrinos: Catalina, María José, Juan Ignacio e Isabel; y a toda la gente que me acompañó durante mi carrera universitaria y formó parte de lo que ha sido esta gran etapa y experiencia de mi vida.

Doy gracias a mis profesores guías y personas que me orientaron durante el transcurso de este año y medio de trabajo. Sin su ayuda este cometido nunca habría sido posible.

Igualmente a la gente que tanto me mostró y enseñó en mis dos prácticas en las empresas Korda y Prodinsa. Sin dichas experiencias nunca habría tenido la oportunidad de conocer las labores más importantes del Ingeniero Civil Mecánico.

También quiero agradecer al Club Andino Universitario y a todos sus miembros que han sido una gran inspiración en ámbitos motivacionales para seguir adelante con este trabajo. Ellos me han mostrado un camino para mi muy importante y me han ayudado profundamente a definirme cada vez más como persona.

RESUMEN

Este documento expone el desarrollo de una estrategia de mantenimiento de un sistema de extinción de incendios en un establecimiento educacional, para garantizar, dentro de cierto grado, el buen funcionamiento de éste en caso de ser necesario.

El trabajo muestra la importancia de la aplicación de las normas de seguridad, principalmente en sitios donde el flujo de personas es regular y considerablemente alto. El respeto y aplicación de dichas normas es indispensable para salvaguardar tanto vidas humanas como recursos materiales.

La norma de seguridad de la cual se ahonda en esta ocasión se concentra en la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas fijos contra incendios a base de agua de acuerdo a la NFPA 25 y en la normativa para extintores NFPA 10. Cabe mencionar que dichas norma no son obligatorias en Chile, pero son aplicables en el sitio a estudiar.

ABSTRACT

This document shows the development of a maintenance strategy for a fire preventive hydraulic system on an educational building, searching the goal of bringing a certain degree of reliability that the system will work when it is needed.

The work shows the importance of the application of security normatives, specially in places where the people flow is frequent and high. The respect and application of those normatives are highly important for saving human lifes and organization's resources.

The security normative that will be seen in this document is the NFPA 25, "Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems" and the NFPA 10, "Standard for Portable Fire Extinguishers". These normatives aren't obligatory in Chile, but it is completely applicable in the studied place.

GLOSARIO

cm	:	centímetro
DIN	:	Deutsches Institut für Normung
EA	:	Edificio A
EB	:	Edificio B
EF	:	Edificio F
ISO	:	International Organization for Standardization
kg	:	Kilogramo
KPI	:	Key Performance Indicator
m	:	Metro
m ³	:	Metro cúbico
mm	:	milímetro
NCh	:	Normas Técnicas Chilenas
NFPA	:	National Fire Protection Association
RH	:	Red Húmda
RS	:	Red Seca
seg	:	Segundo
SJ	:	San Joaquín

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
GLOSARIO	5
ÍNDICE DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1	13
1.1 Situación.....	17
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivos generales.....	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 Estado del Arte	19
1.3.1 Tipos de Fuego.....	19
1.3.2 Carga de Fuego	19
1.3.3 Red de Incendio	20
1.3.4 Extintor	20
1.3.5 Mantenimiento	20
1.3.6 Mantenimiento Basado en Riesgo	22
1.3.7 Gestión.....	23
1.3.8 Importancia del Mantenimiento del Sistema de Extinción.....	24

1.3.9 ISO 31000	25
1.3.10 Normas NFPA.....	26
1.3.11 Normativa Vigente en Chile	27
1.4 Plan de Trabajo.....	14
1.4.1 Comprobar existencia y funcionalidad	14
1.4.2 Listado de equipos del sistema	14
1.4.3 Diagnosticar el estado del mantenimiento del sistema	15
1.4.4 Definir el desempeño del mantenimiento para orientar las mejoras.....	15
1.4.5 Estudiar los requerimientos de las normativas NFPA	15
1.4.6 Desarrollar el plan de mejora.....	16
CAPÍTULO 2	31
2.1 Análisis Situacional del Campus San Joaquín	31
2.1.1. Introducción al Análisis Situacional	31
2.1.2 Misión de la Universidad.....	31
2.1.3 Visión de la Universidad.....	32
2.1.4 Antecedentes del Campus San Joaquín	32
2.1.5 Listado de Equipos del Sistema Contra Incendio	34
2.1.6 Equipos de Apoyo.....	39
2.1.7 Planos Hidráulicos del Campus	41
2.1.8 Organización del Mantenimiento del Campus.....	42
2.1.9 Situación Actual del Mantenimiento	43
2.1.10 Formatos Utilizados para el Mantenimiento.....	45
2.1.11 Conclusiones Respecto al Análisis Situacional	45
CAPÍTULO 3	48

3.1 Diseño del Plan de Mantenimiento	48
3.1.1 Plantilla Excel con Cláusulas NFPA	48
3.1.2 Matriz de Riesgos	48
3.1.3 Análisis de Árbol de Fallas	51
3.1.4 Análisis con Diagramas de Pareto	60
3.1.5 Labores de Mantenimiento a Internalizar	63
3.1.6 Labores de Mantenimiento a Externalizar	64
3.1.7 Codificación de Equipos.....	64
3.1.8 Rutas de Mantenimiento	66
3.1.9 Mantenimiento de Bombas	67
3.1.10 Checklist de Tareas Periódicas	68
3.1.11 Cronograma de Actividades.....	69
3.1.12 KPI's o Indicadores de Desempeño de Mantenimiento	70
CAPÍTULO 4.....	72
4.1 Conclusiones	72
4.2 Observaciones y Recomendaciones	73
4.2.1 Bomba de Sentina	73
4.2.2 Considerar la adición de rociadores en áreas más vulnerables	74
4.2.3 Considerar adición de filtros en las tuberías	74
Anexos	75
Detalle de Codificación de Equipos.....	75
Bibliografía	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del Campus San Joaquín.	32
Figura 2: Conexión de bomberos a Red Seca por Vicuña Mackenna.	34
Figura 3: Gabinete de Manguera correspondiente a la Red Húmeda.	35
Figura 4: Pack de Bombas en la Sala de Bombas.	36
Figura 5: Vista desde ventanilla de una de las piscinas de la red hidráulica.	37
Figura 6: Extintor en sala de estudio.	38
Figura 7: Motor diésel de respaldo para energizar el campus.	39
Figura 8: Sistema eléctrico del motor de respaldo.	40
Figura 9: Planos en AutoCAD del Campus San Joaquín.	41
Figura 10: Organigrama del Área de Mantenimiento en el Campus San Joaquín.	42
Figura 11: Rutina personalizada de inspección, prueba y mantenimiento en Excel.	48
Figura 12: Árbol de Fallas global del sistema contra incendios.	53
Figura 13: Árbol para la falla “Sistema de Mangueras” de la Red Húmeda.	55
Figura 14: Árbol para la falla “Fuente de Agua” de la Red Húmeda.	57
Figura 15: Árbol para la falla “Sistema de Bombeo” de la Red Húmeda.	58
Figura 16: Árbol para la falla “Fugas” de la Red Seca.	59
Figura 17: Análisis de Pareto para el Sistema Contra Incendios.	60
Figura 18: Análisis de Pareto para “Red Húmeda” del Sistema contra incendios.	61
Figura 19: Análisis de Pareto para “Sistema de Mangueras” de Red Húmeda.	62
Figura 20: Análisis de Pareto para Red Seca del Sistema contra incendios.	63
Figura 21: Ilustración en AutoCAD de la ruta de mantenimiento desarrollada en las instalaciones del campus. La ruta se muestra en color verde, comenzando en el Edificio A y terminando en el Edificio de Mantenimiento y Enfermería.	67
Figura 22: Ejemplo de checklist de tareas.	69
Figura 23: Calendario de Actividades de Mantenimiento para el sistema contra incendios.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de probabilidad de ocurrencia de los riesgos.....	49
Tabla 2: Escala de consecuencias de los riesgos.....	49
Tabla 3: Posibles riesgos a los que se ve amenazado el sistema contra incendios.	50
Tabla 4: Matriz de Riesgo para los posibles incidentes que pueden ocurrir en relación al sistema contra incendios.....	51
Tabla 5: Probabilidad de falla de los distintos componentes del sistema global.	54
Tabla 6: Probabilidad de falla para el “Sistema de Mangueras” de la Red Húmeda. .	56
Tabla 7: Probabilidad de falla para la “Fuente de agua” de la Red Húmeda.	57
Tabla 8: Probabilidad de falla para el “Sistema de Bombeo” de la Red Húmeda.	58
Tabla 9: Probabilidad de falla por “Fugas” de la Red Seca.	59
Tabla 10: Codificación de equipos del sistema contra incendio.	65
Tabla 11: Codificación de edificios del campus.	65
Tabla 12: Codificación de los niveles respecto al suelo del campus.	65
Tabla 13: Indicadores de Desempeño o KPI’s de seguimiento del Plan de Mantenición.....	71
Tabla 14: Detalle para la codificación de equipos para la Red Húmeda.	75
Tabla 15: Detalle para la codificación de equipos para la Red Seca.	83

INTRODUCCIÓN

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (2015), se llama protección contra incendios al conjunto de medidas que se disponen en los edificios para protegerlos contra la acción del fuego. Generalmente, con ellas se trata de conseguir tres fines:

- Salvar vidas humanas.
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.
- Conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

La salvación de vidas humanas suele ser el único fin de la normativa de los diversos estados.

Las medidas fundamentales contra incendios pueden clasificarse en dos tipos:

- Medidas pasivas: Se trata de las medidas que afectan al proyecto o a la construcción del edificio, en primer lugar facilitando la evacuación de los usuarios presentes en caso de incendio, mediante caminos (pasillos y escaleras) de suficiente amplitud, y en segundo lugar retardando y confinando la acción del fuego para que no se extienda muy deprisa o se pare antes de invadir otras zonas.
- Medidas activas: Fundamentalmente manifiestas en las instalaciones de extinción de incendios.

A su vez, estas se dividen en varios tipos:

- Detección: Mediante detectores automáticos (de humos, de llamas o de calor, según las materias contenidas en el local) o manuales (timbres que cualquiera puede pulsar si ve un conato de incendio).
- Alerta y Señalización: Se da aviso a los ocupantes mediante timbres o megafonía y se señalan con letreros en color verde (a veces luminosos) las

vías de evacuación. También debe haber un sistema de iluminación mínimo, alimentado por baterías, que permita llegar hasta la salida en caso de fallo de los sistemas de iluminación normales del edificio. Los sistemas automáticos de Alerta se encargan también de avisar, por medios electrónicos, a los bomberos. En los demás casos debe encargarse una persona por teléfono.

- Extinción: Mediante agentes extintores (agua, polvo, espuma, nieve carbónica), contenidos en extintores o conducidos por tuberías que los llevan hasta unos dispositivos (bocas de incendio, hidrantes, rociadores) que pueden funcionar manual o automáticamente.

OBJETIVOS

Objetivos generales

Generar una estrategia de mantenimiento para los sistemas contra incendio del campus San Joaquín que cumpla con las normativas vigentes y brinde un grado de seguridad al establecimiento en caso de producirse un posible incendio, que incluya aspectos de organización, funciones, ejecución y control de desempeño.

Objetivos específicos

- 1) Comprobar la existencia y funcionalidad de los sistemas contra incendio del campus San Joaquín, realizar un listado de equipos con los que cuenta el sistema y hacer un mapeo.
- 2) Llevar a cabo un diagnóstico del estado actual del mantenimiento, y definir en conjunto con la unidad el marco estratégico, en base al diagnóstico de aspectos de gestión, ejecución y resultados de desempeño de la función de mantenimiento, que sirva para orientar las mejoras a la gestión.
- 3) Integrar las tareas de mantenimiento de la norma NFPA, definiendo la cantidad de horas de mantenimiento por tarea y los requerimientos según los componentes del sistema.
- 4) Desarrollar un plan de mejora de la gestión de mantenimiento, acorde a la situación del campus, que incluya aspectos de organización, funciones, ejecución y control de desempeño.

PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo que se sigue para este proyecto va de la mano con los objetivos específicos del mismo. Por lo que, se sigue una secuencia lógica basada en las necesidades de información y análisis de investigación y desarrollo.

Comprobar existencia y funcionalidad

Se comienza por identificar la existencia de equipos para combatir incendios dentro de las instalaciones de la universidad, como lo son extintores de cualquier tipo, casetas y mangueras de agua, entradas y salidas de redes secas o rociadores. Además se chequea que los equipos presenten un mínimo de funcionalidad, como que las mangueras de red húmeda contengan agua, los extintores estén vigentes y los equipos tengan válvulas funcionales.

Junto con lo anterior se indaga dentro de los puestos que existen en el área de mantenimiento del campus y otras personas involucradas en los sistemas contra incendios para saber más sobre el estado de conciencia de éste.

Listado de equipos del sistema

Se procede a realizar un estudio de cuales equipos para combatir incendios posee el campus y cuanta es la cantidad que hay instalada. Se deben obtener dos medidas, las que por cuenta propia se cuenten y mapeen y el número que según el área que está al tanto del sistema puede proporcionar.

Diagnosticar el estado del mantenimiento del sistema

Ya teniendo los datos de los equipos, las cantidades y las características es necesario indagar más profundamente en lo que conlleva a la organización, administración y gestión del mantenimiento de este sistema. Por lo que, se estudian los siguientes puntos:

- Áreas a cargo
- Personas a cargo y responsables
- Estructura del mantenimiento

Todo este estudio se lleva a cabo a partir de reuniones con gente relacionada al mantenimiento del sistema, como lo son funcionarios y operarios.

Definir el desempeño del mantenimiento para orientar las mejoras

A partir de la información obtenida en el punto anterior se crean indicadores de distintos tipos para poder medir de alguna forma el desempeño del mantenimiento del sistema. Esto además revela cuales son los puntos donde se presentan posibles oportunidades de mejora.

Junto a esto se continúa y profundiza la investigación y estudio del sistema con reuniones y seguimiento de operarios en la ejecución del mantenimiento y las tareas funcionarias asociadas al sistema contra fuegos.

Estudiar los requerimientos de las normativas NFPA

Estudiar y dosificar las normativas NFPA con el fin de aclarar cuáles son las mejores prácticas recomendadas. Revisar y estudiar las normativas chilenas como complemento de estudio e información.

Comparar las normas con el contexto del campus de la universidad y definir puntos importantes a considerar dentro del futuro plan y estrategia a desarrollar. Realizar un

listado de actividades que son, a primera impresión, fácilmente aplicables a la ejecución del mantenimiento del sistema contra incendios.

Desarrollar el plan de mejora

A partir de los indicadores y el análisis obtenido en los trabajos anteriormente explicados se procede a desarrollar el plan de mejora de la gestión y estrategia del mantenimiento de los sistemas contra incendio del campus.

Para llevar a cabo esto se ocupan variadas herramientas y metodologías que son de gran ayuda para un correcto modelamiento y asegurar, en cierto grado, buenos resultados relacionados al desempeño final del mantenimiento. Tales como la elaboración de Matrices de riesgo, Análisis de árbol de fallas, Diagramas de Pareto y codificación de equipos varios.

CAPÍTULO 1

1.1 Situación

El Campus San Joaquín de la Universidad Técnica Federico Santa María es un establecimiento educacional compuesto principalmente por tres edificios, los cuales albergan biblioteca, aulas, zonas deportivas y áreas de esparcimiento como cafeterías, tiendas, jardines y parques. En ellas circulan semanalmente más de tres mil personas distintas, en su mayoría alumnos. El resto se reparte entre profesores, personal en distintas áreas, guardias de seguridad, visitantes y otros.

Es de gran importancia que en establecimientos de estas características exista un sistema que sea capaz de proteger, en cierto grado, vidas humanas, bienes materiales y bienes inmuebles de algún posible incendio. Estos sistemas deben contar con todos los tipos de medidas fundamentales contra eventuales siniestros, como lo son las medidas de detección, de alerta y señalización y de extinción. Éstas últimas juegan un papel muy importante porque son, al fin de cuentas, el sistema que protege los valores anteriormente mencionados de los daños producidos por este tipo de incidentes.

Las compañías de seguro exigen actualmente estándares de protección de los más altos niveles de seguridad, como lo son las normas de la NFPA. Por lo que, cualquier establecimiento que quiera garantizar el cobro de un seguro, debe cumplir los estándares de estas normas. Cumplir con los procedimientos exigidos y presentar los respectivos registros que la compañía aseguradora define importantes.

El alcance de este trabajo es crear un plan de gestión del mantenimiento en un sistema de protección contra incendio a base de agua y extintores, con la finalidad de tener el equipo fijo contra incendio funcionando de forma correcta, y bajo los estándares de la norma NFPA en las instalaciones del campus San Joaquín de la Universidad Técnica Federico Santa María, con la función última de proteger vidas humanas y patrimonio

de la institución, reanudar actividades en un corto plazo y garantizar el cobro de seguros en caso de posibles pérdidas.

1.2 Estado del Arte

1.2.1 Tipos de Fuego

El criterio ANSI-UL (2004) define la existencia de cinco tipos distintos de fuego, los cuales se clasifican según el origen de las llamas y están catalogados según letras. A continuación se muestra el detalle:

- Fuego Clase A: Son los que se producen al arder los combustibles sólidos comunes, como maderas, papeles, corcho, tejidos, fibras, plásticos, etc. Se queman en la superficie y en profundidades. Dejan residuos.
- Fuego Clase B: Son fuegos de líquidos inflamables, como gasolina, alcohol, disolventes, pinturas, barnices, etc. Se queman solamente en la superficie. No dejan residuos. También se incluyen los gases inflamables como el propano y butano. Los fuego clase B no incluyen fuegos que involucren grasa ni aceite de cocinar.
- Fuego Clase C: Son fuegos que involucran equipo eléctrico energizado, como motores eléctricos, transformadores y aparatos eléctricos. Al eliminar la corriente eléctrica el fuego clase C se convierte en uno de los otros tipos de fuego.
- Fuego Clase D: Llamados también fuegos metálicos, son los fuegos ocasionados con metales inflamables como sodio, magnesio, aluminio, potasio, circonio, titanio, etc., que alimentan el fuego y sólo pueden combatirse con líquidos especiales.
- Fuego Clase K: Son fuegos de grasas y aceites de cocinar como mantecas vegetales y minerales.

1.2.2 Carga de Fuego

Se define como carga de fuego o carga combustible, a la cantidad de energía resultante de la combustión completa de los materiales combustibles de un sector de incendio (R. Bovier 2012). También se utiliza este término para designar el peso en

madera necesario para producir una cantidad calorífica equivalente a la generada por todos los materiales por unidad de superficie.

Indirectamente, la carga de fuego es un indicador de la magnitud del riesgo de incendio que presenta un edificio o instalación industrial. Este valor es de gran importancia tanto para determinar las protecciones en materia de detección y control de incendios, como también para determinar las características constructivas de la edificación.

1.2.3 Red de Incendio

Una red de incendio es un sistema hidráulico que tiene la finalidad única de combatir posibles incendios que puedan originarse dentro de un recinto específico. Estas redes están compuestas por un sistema de bombeo de agua, almacenamiento de agua, tuberías, válvulas y mangueras.

1.2.4 Extintor

Consiste en un aparato portátil para apagar fuegos o incendios de pequeña magnitud constituido por un recipiente metálico en cuyo interior hay un agente extintor de fuegos a presión, el cual puede ser una sustancia líquida, espumosa o en forma de polvo, de modo que al abrir una válvula el agente sale por una boquilla que se debe dirigir a la base del fuego.

1.2.5 Mantenimiento

Es importante mencionar qué es el mantenimiento y en qué consiste, ya que forma gran parte del lenguaje en uso en este trabajo y es indispensable tener claridad total de este concepto.

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna

función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas, tales como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones, y administrativas correspondientes, que pueden ser registros, cumplimiento de plazos, calendarizaciones y otros (Pistarelli 2010).

El mantenimiento constituye un sistema dentro de toda organización; y desde una perspectiva básica, su función consiste en realizar las intervenciones respectivas en los equipos para que puedan operar satisfactoriamente durante un período de tiempo específico.

Dentro del mantenimiento podemos encontrar principalmente dos tipos, el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo.

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo, llamado en ocasiones mantenimiento reactivo, se denomina como aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones. Es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado. Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo.

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisiones y reparaciones que garanticen un buen funcionamiento y fiabilidad, mayor confiabilidad de equipos, evitar fallos repentinos y paradas inesperadas. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos

en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El primer objetivo del mantenimiento preventivo es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo pueden incluir acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes u otra necesidad que el equipo requiera. La finalidad de este mantenimiento es el de evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Objetivos del Mantenimiento Preventivo

- Llevar a cabo una inspección sistemática de todas las instalaciones, con intervalos de control para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura, manteniendo los registros adecuados.
- Mantener permanentemente los equipos e instalaciones, en su mejor estado para evitar los tiempos de parada que aumentan los costos.
- Efectuar las reparaciones de emergencia lo más pronto, empleando métodos más fáciles de reparación.
- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones al máximo.
- Sugerir y proyectar mejoras en la maquinaria y equipos para disminuir las posibilidades de daño y rotura.
- Controlar el costo directo del mantenimiento mediante el uso correcto y eficiente del tiempo, materiales, hombres y servicios.

1.2.6 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 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.

El objetivo primordial del mantenimiento basado en el riesgo es garantizar la confiabilidad proporcionando soluciones internas que permitan incrementar la capacidad productiva y el rendimiento financiero sobre los activos de una planta, sin invertir en activos físicos adicionales, efectuando sólo las acciones necesarias destinadas a incrementar la disponibilidad, la calidad y el rendimiento de los activos físicos actuales.

1.2.7 Gestión

Al igual que el mantenimiento, es necesario tener claro el concepto de gestión y qué es lo que implica el uso de esta palabra dentro del contexto de este trabajo. Cuál es su función, su finalidad y porqué es importante.

La gestión, entendida en términos contemporáneos, es el procedimiento de adecuar los recursos de cualquier índole a aquellos fines para los cuales son solicitados. Consiste en el óptimo uso de los recursos para así mejorar los resultados. La toma de decisiones debe ser en función de una planificación acertada para responder a las necesidades de una organización, decisiones que le dan a la gestión por finalidad consumir el mínimo de recursos y maximizar los beneficios obtenidos.

Gestión del Mantenimiento

Aplicar la gestión en el ámbito del mantenimiento, según la descripción de “gestión”, es obtener un mantenimiento lo más óptimo y eficiente posible, bajo la norma de sacrificar el mínimo de recursos, ya sean estos monetarios, tiempo, horas-hombre o de cualquier otro tipo.

El mantenimiento es un sistema que agrupa una serie de actividades, que al ser ejecutadas, permiten alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos de una

instalación industrial. Por lo que, los recursos económicos y físicos que son destinados para la realización de dichas actividades, deben ser administrados de la forma más eficiente posible.

1.2.8 Importancia del Mantenimiento del Sistema de Extinción

El cuidado y mantenimiento incluye mucho más que la inspección y prueba de los dispositivos y equipos del sistema. Para una protección efectiva, la relación apropiada entre el riesgo y la protección debe ser balanceada y requiere que se haga una consideración minuciosa de los riesgos de incendio que deben ser protegidos y de la suficiencia de la protección para las diversas condiciones de la propiedad. Además, una inspección apropiada debe comprobar si el sistema instalado originalmente es el adecuado para los actuales riesgos de incendio que están siendo protegidos.

Los sistemas de extinción a base de agua que emplean dispositivos estándar y que están instalados de acuerdo con reglas establecidas son fuertes y durables y requieren un gasto mínimo para su mantenimiento. Sin embargo, al igual que otros tipos de equipos, se pueden deteriorar o quedar fuera de servicio por negligencia o por ciertas condiciones del servicio.

Una inspección determina la condición operacional del equipo y está ligada directamente al conocimiento del personal de mantenimiento. Las tres consideraciones involucradas en una inspección son:

1. Un procedimiento organizado y metódico para determinar las condiciones de funcionamiento de los dispositivos y equipos.
2. La evaluación de las calificaciones del personal que cuida el sistema.
3. La inspección regular para la detección de condiciones que requieren mantenimiento, reparación o arreglo.

Para mantener el nivel apropiado de protección para un sistema de extinción a base de agua, existen cuatro puntos importantes que se deben tener en cuenta:

1. Cumplir un programa de inspección regular según lo determinen las necesidades del sistema.
2. Ejecutar cualquier investigación o prueba especial que pueda evaluar el desempeño de los dispositivos y del equipo.
3. Encargarse de reparar o mantener los dispositivos y equipos para que funcionen de forma segura.
4. Asegurarse de que todo el personal involucrado en el mantenimiento sea capaz de ejecutar apropiada y correctamente los procedimientos para el desempeño y utilización de los equipos.

Las funciones de la inspección y el mantenimiento están estrechamente ligadas y frecuentemente las dos áreas coinciden. Con frecuencia, las inspecciones revelan las áreas que requieren mantenimiento. De forma similar, el primer paso en un programa apropiado de mantenimiento involucra una inspección de las operaciones del sistema. Por último, la gerencia es responsable de la inspección, prueba y mantenimiento de su sistema activo de protección contra incendios.

1.2.9 ISO 31000

ISO 31000 señala una familia de normas sobre Gestión del riesgo en normas codificadas por la organización International Organization for Standardization. El propósito de la norma ISO 31000 es proporcionar principios y directrices para la gestión de riesgos y el proceso implementado en el nivel estratégico y operativo.

Esta norma basa sus recomendaciones a partir del registro, la experiencia y el análisis estadístico de un sinnúmero de casos de diferentes empresas, industrias y organizaciones que han llegado a los mejores resultados preventivos de riesgos a partir de diferentes métodos y herramientas de gestión del riesgo.

1.2.10 Normas NFPA

Para un sistema contra incendio las normas establecidas por la NFPA están hechas a base de la experiencia y registro de variados casos de los cuales se ha recopilado información de utilidad para llegar a un consenso de qué es lo más conveniente, apropiado y cuales son por ende las mejores prácticas para una rutina de inspección, prueba, registro y mantenimiento de un sistema contra incendio. Por lo que a partir de esto 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.

Al ser un equipo que no es ocupado hasta que se produce un siniestro, puede ser descartado casi en su totalidad el mantenimiento del tipo correctivo, ya que teóricamente ningún componente debería fallar por cumplimiento de su vida útil si es que éste no se ocupa. 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 vistas en este trabajo son netamente ligadas al mantenimiento preventivo, que a partir de métodos mínimos de inspección, prueba y mantenimiento, entregan un cierto grado de seguridad de que cuando se requiera el uso del sistema o componente, éste funcione correctamente.

NFPA 25

Este documento establece los requisitos mínimos para la inspección, prueba y mantenimiento periódico de sistemas de protección contra incendio a base de agua, incluyendo aplicaciones en tierra y marítimas.

La norma NFPA 25 “Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendios a Base de Agua” trata con componentes netamente hidráulicos como rociadores, tuberías de agua, mangueras, estanques, bombas centrifugas, válvulas y otros.

NFPA 10

Las estipulaciones de esta norma aplican a la selección, instalación, inspección, mantenimiento y prueba de equipos de extintores portátiles. Los extintores portátiles son un medio primario de defensa para controlar incendios de tamaño limitado.

La NFPA 10 “Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios”, es ocupada en este trabajo específicamente en labores de mantención, como lo son la inspección, mantenimiento, pruebas hidrostáticas y recarga de los extintores portátiles.

1.2.11 Normativa Vigente en Chile

Según el Artículo 4.3.9 en el apartado 3 de la “Recopilación De La Normativa Nacional De Seguridad Contra Incendios”, en toda edificación se deberá considerar un sistema de redes para la provisión de agua, que se denominará red de incendio (red húmeda y red seca).

Red Húmeda

En los inmuebles destinados a la reunión de personas tales como hospitales, comercio, escuelas, industrias, edificios públicos, deportivos y otros destinados al mismo efecto, así como también en los edificios de tres o más pisos se deberá considerar para utilización contra fuegos incipientes, una boca de incendio de 25 mm como mínimo por piso, conectada al sistema de distribución de agua del edificio.

Las bocas de incendio se distribuirán de manera que ningún punto del inmueble quede a una distancia mayor de 25 m de ellos, con una manguera que cubra el punto

más alejado y su acceso será expedito y de fácil accionamiento de válvulas y mangueras.

En edificios de departamentos las bocas de incendio deberán ubicarse en espacios comunes, y en aquellos casos que no se pueda cumplir con la distancia señalada en el inciso precedente, podrán aceptarse mangueras de longitud superior a 25 m, siempre que permitan contar una presión de 8 m.c.a, a la salida de la manguera.

Cada boca de incendio se ubicará en un nicho con puerta de vidrio debidamente señalizado, en lugares de fácil acceso y rápida ubicación, excepto las escalas presurizadas. Este nicho se ubicará a una altura entre 0,9 m. y 1,5 m sobre el nivel del piso, y contará una manguera resistente a una temperatura de 80° C, con certificado de calidad y especificada para estos efectos.

La boca de incendio tendrá llave de salida del tipo cierre rápido, válvula del tipo bola o globo angular de 45°, a la que deberá conectarse una manguera de diámetro igual al de la boca de incendio, con su respectivo pitón. Las mangueras que deberán ser del tipo semirrígidas, no podrán estar sometidas en ningún caso a presiones mayores que 70 m.c.a.

En las bocas de incendio de 25 mm, el pitón de la manguera tendrá una boquilla cuyo diámetro interior será mayor o igual a 7 mm.

En cada vivienda unifamiliar, vivienda social a inmuebles similares destinados a otros fines y que enfrenten a la red pública, deberán contar a lo menos con una llave de salida con hilo exterior, de un diámetro igual al del arranque de agua potable.

Según las características de la edificación, en el diseño de la red de distribución que alimenta la red húmeda deberá considerarse la operación simultánea de dos o más bocas de incendio.

Red Seca

En los edificios de cinco o más pisos de altura se deberá instalar una red seca para agua independiente de la red de distribución de agua para el consumo. Será una tubería matriz para utilización exclusiva del Cuerpo de Bomberos, de acero galvanizado ASTM A-53 con unión roscada y tendrá un diámetro mínimo de 100 mm. No obstante, su capacidad deberá verificarse para un caudal total de 24 l/s, con una presión de 50 m.c.a. en la boca de salida más desfavorable.

La red seca deberá ir ubicada de tal manera que se permita su inspección, y no podrá situarse en lugares comunes con conductores eléctricos. En la parte superior la tubería llevará una ventosa a otro dispositivo automático que permita evacuar el aire del sistema cada vez que sea usado. En la parte más baja del sistema descrito, se dispondrá de una llave de purga que permita desaguar completamente la tubería una vez usada.

La parte inferior de esta tubería se prolongará hasta el exterior del edificio donde rematará en dos bocas de 75 mm ubicadas a un metro de altura sobre el nivel de piso terminado adyacente y en un lugar de fácil acceso e inmediato a las vías principales de entrada al edificio. Las citadas bocas estarán provistas de sendas válvulas de retención o válvulas bola con válvulas de retención en la vertical, o bifurcación con chapaleta de desviación según DIN 14.361, con válvula de retención en la vertical, que rematarán en uniones Storz que permitan el acople de la unión Storz DIN 14.322. Cada una de ellas tendrá su correspondiente tapa Storz, asegurada con cadenilla, que la proteja de deterioro o del ingreso de cuerpos extraños.

La red seca tendrá bocas de salidas debidamente señalizadas en todos los pisos incluidos los subterráneos, que se ubicarán en los espacios comunes y en lugares de fácil acceso, exceptuando las cajas de escalas presurizadas. Deberá cuidarse que ningún punto de cada piso quede a una distancia mayor de 40 m. de una boca de

salida. Estas bocas estarán provistas de su correspondiente llave globo angular de 45° o llave de bola, que rematarán en una unión Storz de 52 mm (2") que permita acoplar la unión Storz DIN 14.322. Las salidas estarán protegidas por las correspondientes tapas Storz, con cadenillas, que las resguarden de deterioros o del ingreso de cuerpos extraños.

CAPÍTULO 2

2.1 Análisis Situacional del Campus San Joaquín

2.1.1. Introducción al Análisis Situacional

El análisis situacional del campus reside en conocer en profundidad el sistema contra incendio de las instalaciones a estudiar. Esto consiste en reconocer en que partes se distribuye el sistema, las propiedades del piping, donde se encuentran los corazones del sistema y cuáles son los componentes que la constituyen.

Igualmente importante es saber quiénes son las personas a cargo del mantenimiento de estos equipos, como se lleva a cabo y como es la planificación relacionada a los sistemas de prevención de incendio.

Reconocer el estado global del sistema antes de comenzar cualquier tipo de trabajo es de gran importancia, ya que diagnosticar la salud como sistema y la de sus componentes aislados ayudará a enfrentar de manera más práctica el problema. Igualmente importante es conocer el modo en que se hacen las respectivas inspecciones, pruebas y mantenciones a cada fracción de este sistema.

Al llevar a cabo un diagnóstico de los conceptos anteriormente descritos se debe definir en conjunto con la universidad el marco estratégico, el cual se debe alinear con la misión y la visión propuestas por la institución. Dicho marco estratégico se desarrolla en base a la información recopilada del análisis situacional.

2.1.2 Misión de la Universidad

“Crear y difundir nuevo conocimiento, y formar integralmente profesionales idóneos en el ámbito científico - tecnológico, para liderar el desarrollo del país y la humanidad. Realizamos esta misión siendo una comunidad universitaria

de excelencia, que se vitaliza con la diversidad e independencia de los procesos de descubrimiento y aprendizaje y que, de acuerdo con la voluntad testamentaria de don Federico Santa María Carrera, pone especial énfasis en la integración de aquellos que, reuniendo las condiciones exigidas por el quehacer académico, no poseen suficientes medios materiales.”
(Universidad Técnica Federico Santa María, 2017, sitio web)

2.1.3 Visión de la Universidad

“Ser un referente científico-tecnológico nacional e internacional, que convocando a una comunidad universitaria de excelencia, estimule la difusión del conocimiento y la creación de valor, en todas sus áreas de trabajo, siendo reconocida como UNIVERSIDAD LIDER EN INGENIERÍA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA.”
(Universidad Técnica Federico Santa María, 2017, sitio web)

2.1.4 Antecedentes del Campus San Joaquín

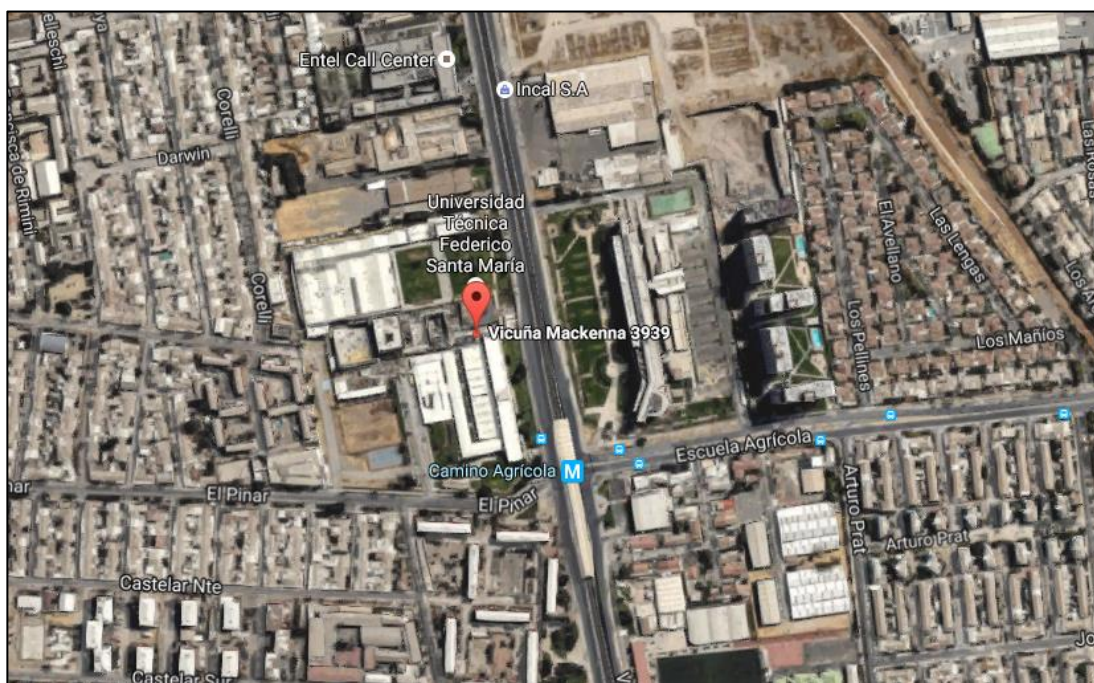


Figura 1: Ubicación geográfica del Campus San Joaquín.

El Campus San Joaquín, como campus universitario de la Universidad Técnica Federico Santa María, existe hace aproximadamente siete años (desde el año 2009). Está ubicado en Avenida Vicuña Mackenna 3939 a pasos de la estación Camino Agrícola. Anteriormente figuraba como la empresa de juguetes Otto Kraus, pero al adquirir la universidad el terreno y las instalaciones se llevaron a cabo muchas modificaciones, llegando a lo que era solamente el edificio A y B, que contaba con una red de incendios para dichos edificios. En los últimos años se han hecho muchas modificaciones. Han sido construidos nuevos edificios, entre ellos el edificio F, el edificio de ingeniería mecánica y los edificios de ingeniería eléctrica. Los que poco a poco han expandido más la red de incendio a lo largo de los terrenos e instalaciones de la universidad.

2.1.5 Listado de Equipos del Sistema Contra Incendio

Red Seca

El campus cuenta con un sistema de red seca, como se ve en la Figura 2: Conexión de bomberos a Red Seca por Vicuña Mackenna., compuesta por dos columnas. La primera comienza con un acople de gemelas Storz de 75 mm para conexión de bomberos ubicado por Avenida Vicuña Mackenna y se extiende por los cinco pisos y el subterráneo del lado oriente del edificio F. La segunda comienza con una entrada Storz gemela de 75 mm para conexión de bomberos ubicado en la calle El Pinar y se extiende por los cuatro pisos y el subterráneo del lado poniente del edificio F. Estas columnas cuentan con conexiones a mangueras Storz de 52 mm en todos los niveles del edificio y terminan con una ventosa en el techo. También cuenta con válvulas de purga o despiche conectadas a mangueras semi rígidas en la parte más baja de la tubería con la finalidad de dejar completamente sin agua la tubería después de que se le de algún tipo de uso.



Figura 2: Conexión de bomberos a Red Seca por Vicuña Mackenna.

Red Húmeda

Dentro del campus existe una red de tuberías que distribuye el agua potable por los distintos sectores del establecimiento. Se encuentran en esta red 53 puntos de descarga de agua en patrones de chorro para combatir incendios de manera manual. Estos son gabinetes de mangueras distribuidos de manera que ningún punto del recinto queda a una distancia mayor a treinta metros de ellos. Las medidas de estos gabinetes son 700x700x300 mm capaces de albergar una manguera semi rígida de 25 mm de diámetro.



Figura 3: Gabinete de Manguera correspondiente a la Red Húmeda.

Bombas de Incendio

Existe una sala de bombas donde se encuentran cinco bombas, cuatro disponibles y una fuera de servicio, marca PENTAX, modelo CMT 550, diámetro de aspiración de 50 mm, diámetro de impulsión de 50 mm, H.P. 5.5, 2900 r.p.m., 380 V. Estas están apoyadas por tres estanques hidroneumáticos, de los cuales dos se encuentran en servicio y otro presenta una falla y debe ser reparado.

La bomba fuera de servicio se encuentra mal instalada en el sistema, acoplada en un lugar indebido, por esto se encuentra sin uso.



Figura 4: Pack de Bombas en la Sala de Bombas.

Piscinas

Esta red no cuenta con tanques de almacenamiento de agua, pero existen dos piscinas, ubicadas sus ventanillas en la sala de bombas, de 70 metros cúbicos cada una, haciendo un total de 140 metros cúbicos de agua disponible para la red hidráulica.



Figura 5: Vista desde ventanilla de una de las piscinas de la red hidráulica.

Válvulas, Componentes de Válvulas, y Accesorios

Existe un número extenso de válvulas y componentes que componen toda la red hidráulica, pero que a esta altura de la investigación aun no es posible especificar. Lo que se puede mencionar y se sabe con certeza hasta ahora es que estos componentes contienen válvulas de retención, válvulas de globo angulares y válvulas de bola.

Extintores

Las instalaciones del campus y sus edificios están equipados con una red de extintores ubicados en distintos puntos estratégicos para combatir los primeros indicios de un incendio. Según la información recopilada, el campus cuenta con la suma de 156 extintores, los cuales están numerados y dispuestos en distintos puntos del campus.



Figura 6: Extintor en sala de estudio.

2.1.6 Equipos de Apoyo

El campus cuenta con un motor diésel de respaldo marca Lureye que comienza a funcionar cuando existe una emergencia energética. Éste motor es sumamente importante, ya que las bombas que impulsan el agua por los ductos de los edificios funcionan con electricidad, por lo que de llegar a producirse un incendio cuando se pierde el servicio eléctrico del proveedor se tiene un respaldo de emergencia.

Estos equipos cuentan con su mantenimiento y planificación específica, la cual es muy minuciosa y cuenta con un constante seguimiento.

En las Figuras Figura 7: Motor diésel de respaldo para energizar el campus. y Figura 8: Sistema eléctrico del motor de respaldo. se pueden apreciar los equipos.



Figura 7: Motor diésel de respaldo para energizar el campus.



Figura 8: Sistema eléctrico del motor de respaldo.

2.1.7 Planos Hidráulicos del Campus

Actualmente se cuenta con planos del establecimiento en formato AutoCAD que contienen los edificios A, B y F. El problema que presentan éstos es lo desactualizados que están, apareciendo en algunas localidades edificios que ni siquiera existen, al igual que ausentándose componentes que sí se presentan en sitios del campus, como lo son tuberías y gabinetes. Faltan también los edificios de mecánica, eléctrica y la actualización de los edificios A y B.

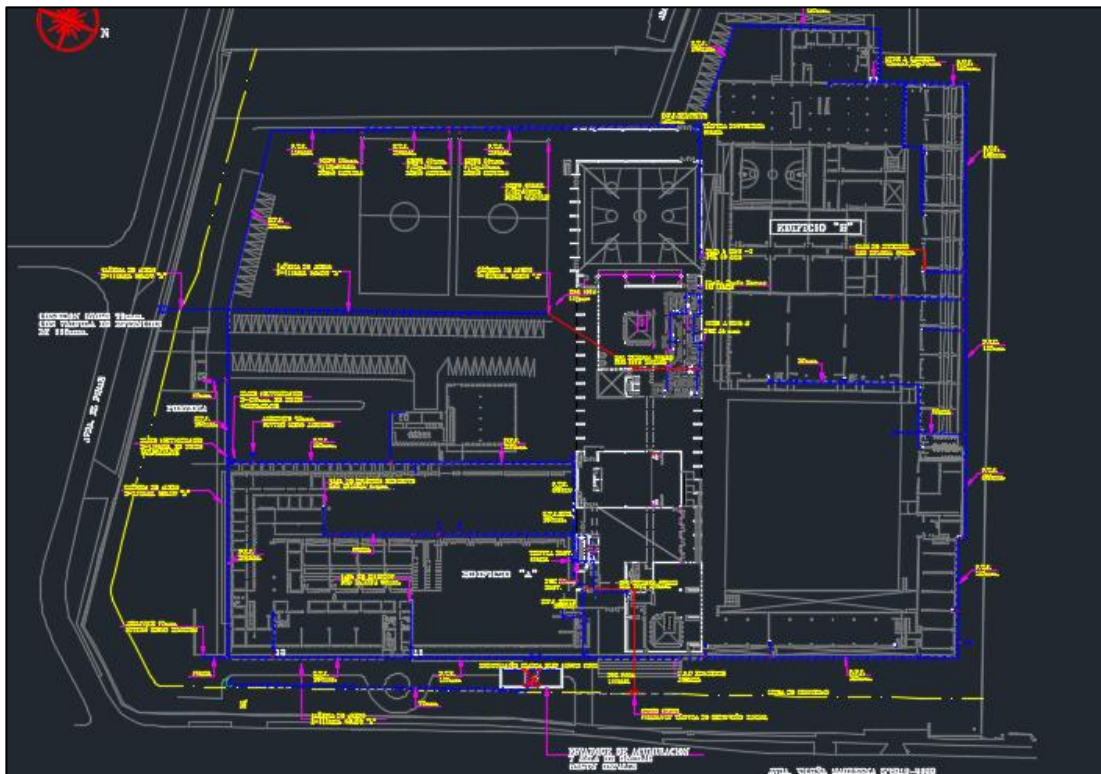


Figura 9: Planos en AutoCAD del Campus San Joaquín.

2.1.8 Organización del Mantenimiento del Campus

Las áreas que están a cargo del mantenimiento de los componentes de los sistemas contra incendio se pueden ver en el organigrama de la Figura 10: Organigrama del Área de Mantenimiento en el Campus San Joaquín..

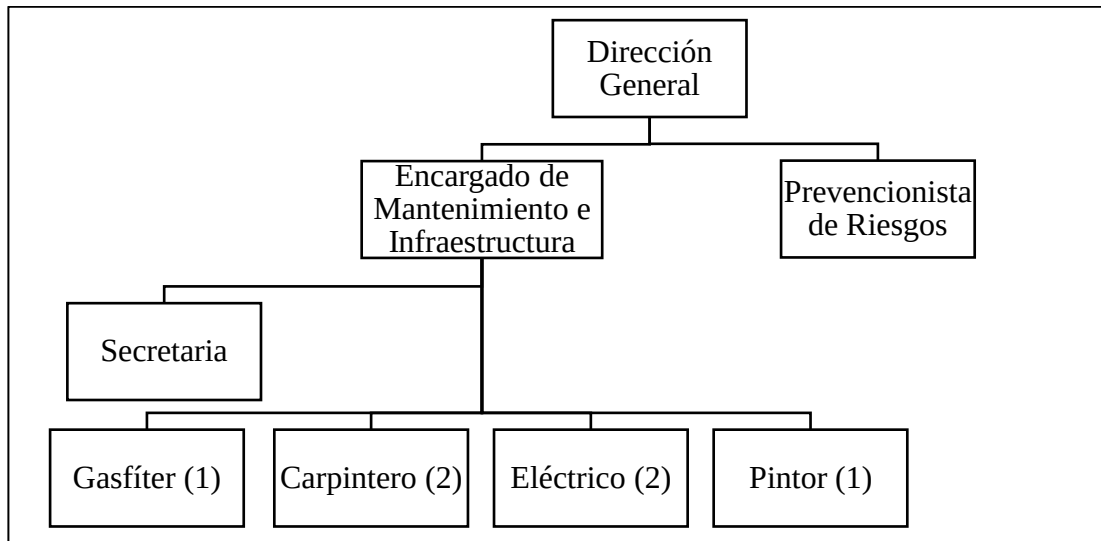


Figura 10: Organigrama del Área de Mantenimiento en el Campus San Joaquín.

Existe un área de trabajo en la universidad conformado por un equipo de personas, que tienen por misión realizar el mantenimiento del campus. Rodrigo Montecino, Ingeniero, es quien está a cargo del mantenimiento periódico de los equipos de la universidad. Su puesto es Encargado de Mantenimiento e Infraestructura. Su trabajo consiste en proponer, evaluar y diseñar estrategias de mantenimiento mediante el análisis de factores humanos, tecnológicos, económicos y financieros, para la elaboración y administración del plan maestro de mantenimiento que garantice la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas del campus, contribuyendo al buen funcionamiento de las instalaciones. Administrar el equipo de trabajo con el objetivo de satisfacer los requerimientos solicitados por el cliente interno en base al orden de prioridades establecidas. Administrar y Gestionar el presupuesto anual para optimizar

la resolución de necesidades y mejoramiento continuo del estándar de las instalaciones del campus e inspeccionar obras de remodelación.

Paralelamente, existe el área de prevención de riesgos, la cual está en manos de Oscar Evans, Prevencionista de Riesgos, quien se encarga de administrar y trabajar coordinadamente con Rodrigo Montecino las labores relacionadas a la seguridad y solicitar presupuestos en caso de ser necesario. Capacitado para identificar los peligros y evaluar los riesgos de accidentes del trabajo; planificando, supervisando, controlando y promoviendo acciones permanentes en seguridad, en beneficio de proteger la integridad física, social y mental de las personas, así como los bienes de la organización, bajo estándares y procedimientos establecidos. Su trabajo está destinado a evitar o dificultar la ocurrencia accidentes y a conseguir que, si el accidente se produce, las consecuencias sean las mínimas posibles.

Entre ambas áreas y junto con la Gerencia de Proyectos son capaces de validar estudios de ingeniería y proyectos técnico-económicos mediante análisis de factibilidad para mejorar la mantenibilidad de los equipos e instalaciones.

Además el equipo de mantenimiento está conformado por operarios y secretarias quienes se encargan de llevar a cabo el trabajo de ejecución, llevar registros y realizar labores de segundo orden dentro de lo que es la organización de esta área de trabajo.

2.1.9 Situación Actual del Mantenimiento

Actualmente, la red de incendios del campus es la misma red hidráulica que le brinda agua potable al recinto. Esto es un hecho bastante poco común, ya que por lo general estos sistemas suelen ser totalmente independientes el uno del otro, por lo que es importante destacar que se van a encontrar prácticas muy distintas a las que se hallan en las normativas y la gran mayoría de los recintos de estas características.

Con respecto al mantenimiento, según la información recopilada, la estrategia para la red hidráulica se divide en tres segmentos.

El primero está enfocado a la red húmeda y la red seca, donde se contratan servicios externos de empresas para realizar de manera anual todas las inspecciones, pruebas, reparaciones y cambios de piezas de los equipos. Esto incluye gabinetes, mangueras, válvulas, tuberías, purgas y otros componentes de estos dos sistemas de extinción.

El segundo está enfocado en el mantenimiento de la sala de bombas y piscinas de agua. La universidad contrata servicios especializados para mantener estos componentes. El mantenimiento de estos equipos es efectuado por una empresa externa llamada EBSA, la cual se contrata por el período de un año con una programación específica de mantenimiento preventivo, donde la revisión de los componentes es evaluada por la unidad de mantenimiento de la universidad en coordinación con EBSA. Estas tareas tienen una frecuencia mensual. La empresa realiza todas las inspecciones y pruebas pertinentes a las bombas de incendio de la red y el resto de los equipos involucrados en esta sección de la red hidráulica, como lo son la medición de amperaje en el sistema eléctrico de las bombas o la cantidad de ruido que emiten éstas. Un operario del campus acompaña y apoya a los especialistas de EBSA en realizar las pruebas e inspecciones respectivas a estos equipos con el fin de facilitar labores. En caso de que los operarios de EBSA encuentren algún desperfecto en los componentes, ellos darán aviso a la unidad de mantenimiento de la universidad, adjuntando los detalles en el informe de registro, y ofrecerán servicio de reparación y reemplazo más un respectivo presupuesto, o en su defecto una recomendación.

Por último, respecto al sistema hidráulico del complejo contra incendios, una o dos veces al año, según lo recomiende la empresa EBSA, se efectúa la sanitización de las piscinas que se encuentran en las salas de bombas contratando el servicio de una

empresa externa. La finalidad de esta labor es brindar agua potable al campus sin contaminantes que puedan acumularse en las piscinas.

Por el lado de los extintores, estos son inspeccionados y mantenidos dos veces al año, de manera semestral, llevando a cabo todas las revisiones pertinentes de cada extintor. Esta labor se ejecuta contratando los servicios de una empresa externa certificada y experta, la cual lleva a cabo el mantenimiento profundo de estos instrumentos.

2.1.10 Formatos Utilizados para el Mantenimiento

Existen formatos de mantenimiento y registros solamente para los sistemas de impulsión de agua del campus, como lo son bombas, estanques, piscinas y otros, los cuales son llenados y entregados por la empresa EBSA. Estos muestran información importante y observaciones de estos equipos referente a las inspecciones y pruebas que se realizan mensualmente.

La organización del mantenimiento del campus no ocupa formatos de registro para llevar un historial de mantenimiento de su red húmeda y red seca, por lo que no existe una calendarización pauteada y estandarizada del procedimiento de mantención que se les da a estos equipos.

Tampoco se ha producido un incendio en las instalaciones del campus desde que este le pertenece a la universidad, ni existe una documentación de que haya habido algún incendio en las antiguas instalaciones de Otto Kraus, por lo que no se halla un registro de historial de fallas para los componentes de la red ni para el sistema.

2.1.11 Conclusiones Respecto al Análisis Situacional

Con respecto a la estrategia actual de mantenimiento que se está ejecutando en el campus se puede concluir lo detallado a continuación.

Según la normativa NFPA los plazos que se están ocupando para llevar a cabo las inspecciones, pruebas y mantenimiento de algunos componentes del sistema son demasiado largos, por lo que al ser tan baja la frecuencia de revisión es posible que se desconozcan algunas fallas que puede presentar, haciendo a éste menos seguro frente a un posible incendio.

Algunos aspectos técnicos del mantenimiento, que la normativa NFPA considera importantes, ni siquiera forman parte de los puntos de inspección, prueba y mantención de la estrategia actual de este activo.

Este es el caso de las bombas, donde debería llevarse a cabo de manera anual inspecciones mínimas respecto al encendido, sellos, empaquetaduras y otros ajustes pertinentes. Diferente de lo que actualmente se hace, que son solo revisiones mensuales al menor detalle. Además es importante destacar que las inspecciones que se hacen al equipo de bombas son demasiado superficiales y no ahondan en los detalles técnicos que quizás no son fáciles de percibir. Esto nos lleva a que el equipo pueda fallar sin previo aviso y se tenga que corregir el problema de manera urgente, lo cual puede ser muy riesgoso en caso producirse un incendio.

Para las válvulas de los sistemas de red seca y red húmeda se están haciendo labores de mantenimiento de manera anual. En éstas deberían existir inspecciones y pruebas del tipo semanal, trimestral y semestral en todos los sistemas para corroborar el correcto funcionamiento y buen estado de estos.

Además cabe destacar que se ha cumplido el 0% de la programación del plan de mantenimiento en los últimos años. Siendo la última mantención de la red seca y red húmeda efectuada el 7 de enero de 2015 por la empresa Perfometal, fecha que sobrepasa la anualidad de las labores de mantenimiento programadas. A esto se le debe incluir que los gabinetes de la red húmeda no están catalogados, por lo que al efectuarse el mantenimiento muchos de estos componentes fueron olvidados,

dejándolos fuera de las labores realizadas, por lo que llevan años sin ser mantenidos. Esto último se puede corroborar en los registros del informe generado por la empresa Perfometal, la cual especifica el mantenimiento de 40 gabinetes de incendio, recordando que el campus cuenta con 53.

Dentro del equipo de operarios mencionados anteriormente hay un gasfiter, el cual, según Rodrigo Montecino, es quién debería trabajar periódicamente en las labores de inspección, prueba y mantenimiento de algunos de los componentes del sistema contra incendio. El problema es que al no haber una metodología pauteada de cómo llevar a cabo esta labor, no es posible que se realicen de manera óptima y dentro de los plazos requeridos, o incluso que ni siquiera se realicen. Para generar una óptima estrategia de mantenimiento, es fundamental originar un checklist con tareas de inspección, prueba y registro para este operario.

La suma de todos estos hechos se traduce en que el método que se está ocupando frente a este sistema de protección contra incendio no es el óptimo y es aquí donde nos encontramos frente a una clara oportunidad de mejora. Claramente existen puntos débiles en el seguimiento del sistema e incluso se pueden agregar esquemas nuevos que facilitarían futuras labores en la mantención.

CAPÍTULO 3

3.1 Diseño del Plan de Mantenimiento

3.1.1 Plantilla Excel con Cláusulas NFPA

A partir de la norma NFPA se crea una plantilla Excel con cada una de las cláusulas ahí presentes. Todas catalogadas según actividad, equipo, frecuencia de tarea, referencia numérica y detalles exclusivos de la mantenibilidad.

La finalidad de esta plantilla es tener una visualización holística de la norma y generar una catalogación que hace más fácil la disposición y el entendimiento de las exigencias que ésta especifica.

	B	C	D	E	F	G
	Actividad General	Equipo	Frecuencia @ NFPA 25	Ref. 01 NFPA 25 2008	Ref. 02 NFPA 25 2008	Descripción
1						
3	Inspección	Rociadores	Anual	5.2.1.1		Los rociadores deben inspeccionarse desde el nivel del suelo an
17	Inspección	Rociadores de repuesto	Anual	5.2.1.3		El surtido de rociadores de repuesto debe inspeccionarse anual
18	Inspección	Rociadores de repuesto	Anual	5.2.1.3		El número y tipo adecuado de rociadores
19	Inspección	Rociadores de repuesto	Anual	5.2.1.3	5.2.1.3 (1)	Una llave de rociadores para cada tipo de rociador
20	Inspección	Tuberías de rociadores y accesorios	Anual	5.2.2	5.2.1.3 (2)	Las tuberías de rociadores y accesorios deben inspeccionarse a
23	Inspección	Tuberías de rociadores y accesorios	Durante parada programada	5.2.2.4		La tubería instalada en áreas inaccesibles por razones de seguiri
25	Inspección	Soportes Colgantes y Abrazaderas Sísmicas	Anual	5.2.3		Los soportes colgantes y abrazaderas sísmicas de tuberías de ro
30	Inspección	Manómetros	Mensual	5.2.4.1		Los manómetros en sistemas de rociadores de tubería húmeda d
31	Inspección	Manómetros	Semanal	5.2.4.2		Los manómetros en sistemas secos, de preacción, e inundación
32	Inspección	Manómetros	Mensual	5.2.4.3		Cuando la supervisión de la presión del aire está conectada aun
33	Inspección	Manómetros	Semanal	5.2.4.4		En sistemas de tubería seca o preacción que protegen cuartos fr
34	Inspección	Edificios	Anual (antes de la estación de heladas)	5.2.5		Anualmente, antes de la llegada de las temperaturas de congel
35	Inspección	Dispositivos de Alarma	Trimestral	5.2.6		Los dispositivos de alarma deben inspeccionarse trimestralmente
36	Inspección	Rótulo Hidráulico	Trimestral	5.2.7		El rótulo hidráulico de los sistemas diseñados hidráulicamente de
38	Prueba	Rociadores	A 50 años y cada 10 años después	5.3.1.1.1		Cuando los rociadores han estado en servicio por 50 años, deber
40	Prueba	Rociadores	A 20 años y cada 10 años después	5.3.1.1.1.2		Los rociadores fabricados con elementos de respuesta rápida qu
41	Prueba	Rociadores	5 años	5.3.1.1.1.3		Muestras representativas de rociadores con estándar fiable con
42	Prueba	Rociadores	A 75 años y cada 5 años después	5.3.1.1.1.4		Cuando los rociadores han estado en servicio por 75 años, se de
43	Prueba	Rociadores	A 10 años y cada 10 años después	5.3.1.1.1.5		Los rociadores secos que han estado en servicio por 10 años deb
44	Prueba	Rociadores	5 años	5.3.1.1.2		Cuando los rociadores están expuestos a ambientes agresivos, ir
49	Prueba	Manómetros	5 años	5.3.2		Los manómetros deben reemplazarse cada 5 años o probarse ca
50	Prueba	Dispositivos de Alarma	Trimestral	5.3.3.1		Los dispositivos de flujo de agua incluyendo, pero sin limitarse a,
51	Prueba	Dispositivos de Alarma	Semestral (2 veces al año)	5.3.3.2		Los dispositivos de flujo de agua tipo veleta se deben probar dos
56	Prueba	Sistemas Anticongelantes	Anual	5.3.4		El punto de congelación de las soluciones anticongelantes debe
83	Mantenimiento	Sistemas de Tubería Seca	Anual (antes de la estación de heladas)	5.4.2		Los sistemas de tubería seca deben mantenerse secos en todo r
84	Mantenimiento	Sistemas de Tubería Seca	Anual (antes de la estación de heladas)	5.4.2.1		Durante el tiempo no helado, se debe permitir que se deje húmed
85	Mantenimiento	Sistemas de Tubería Seca	Anual (antes de la estación de heladas)	5.4.2.2		Los secadores de aire deben mantenerse de acuerdo con las ins
86	Mantenimiento	Sistemas de Tubería Seca	Anual (antes de la estación de heladas)	5.4.2.3		Los compresores usados junto con sistemas de rociadores de tul
96	Inspección	Sistemas de columna y mangueras	Anual	6.2.1		Los componentes de sistemas de columna y mangueras debe in
100	Prueba	Sistemas de columna y mangueras	5 años	6.3.1.1		Debe realizarse una prueba de flujo cada 5 años en la conexión d
108	Prueba	Sistemas de columna y mangueras	5 años	6.3.2.1		Se deben hacer pruebas hidrostáticas cada 5 años de los sistem
129	Inspección	Tuberías Expuestas	Anual	7.2.2.1.1		Las tuberías expuestas deben inspeccionarse anualmente.
133	Inspección	Filtros en las Tuberías Principales	Anual	7.2.2.3		Los filtros en las tuberías principales deben inspeccionarse y limp

Figura 11: Rutina personalizada de inspección, prueba y mantenimiento en Excel.

3.1.2 Matriz de Riesgos

Para tener un acercamiento más certero al sistema completo y definir la criticidad de los equipos, es necesario saber de qué manera es posible que fallen cada uno de los

componentes del sistema, por lo que una matriz de riesgo (herramienta ISO 31000) es capaz de mostrar cualitativamente lo recién descrito.

Escala de tres niveles para ponderación cualitativa de Posibilidad y Consecuencias, divididos en riesgo bajo (verde), medio (amarillo) y alto (rojo).

Posibilidad

Tabla 1: Escala de probabilidad de ocurrencia de los riesgos.

Posibilidad	Valor	Descripción
Probable	3	Casi un hecho que ocurra (100% de probabilidad de ocurrencia o 1 caso por año)
Ocasional	2	Es probable que ocurra frecuentemente (10% de probabilidad de ocurrencia en 1 año)
Raro	1	Es probable que ocurra en algún momento (1% de probabilidad de ocurrencia en 1 año)

Consecuencias

Tabla 2: Escala de consecuencias de los riesgos.

Consecuencias	Valor	Descripción
Menores	1	La ocurrencia del evento puede causar pérdidas menores y tiene un bajo impacto respecto a la seguridad de los usuarios.
Moderadas	2	La ocurrencia del evento causa pérdidas considerables y la seguridad de los usuarios del campus puede verse comprometida.
Mayores	3	La ocurrencia del evento puede causar pérdidas económicas a gran escala e incluso consecuencias fatales a nivel de personas.

Posibles Riesgos

Tabla 3: Posibles riesgos a los que se ve amenazado el sistema contra incendios.

ID	Riesgo	Posibilidad	Consecuencias
01	Inundación de la sala de bombas	1	3
02	Una bomba fuera de servicio	3	1
03	Dos bombas fuera de servicio	2	2
04	Tres bombas fuera de servicio	1	3
05	Cuatro bombas fuera de servicio	1	3
06	Corte del suministro eléctrico	3	2
07	Falla del sistema eléctrico del pack de bombas	2	3
08	Rotura de cañería	1	2
09	Corte del suministro de agua	3	2
10	Piscinas vacías	1	2
11	Un tanque hidroneumático fuera de servicio	2	2
12	Dos tanques hidroneumáticos fuera de servicio	1	3
13	Caída de presión en el sistema	2	2
14	Incendio dentro de la sala de bombas	2	3
15	Excesiva suciedad en la sala de bombas	3	1
16	Válvula con filtración	3	1
17	Falla del sistema de respaldo de energía eléctrica	2	3
18	Piscinas contaminadas con sedimentos	1	2
19	Tuberías oxidadas	2	1
20	Objeto inadecuado en la sala de bombas	1	1

Matriz de Riesgo

Tabla 4: Matriz de Riesgo para los posibles incidentes que pueden ocurrir en relación al sistema contra incendios.

			Consecuencias		
			1	2	3
			Menores	Moderadas	Mayores
Posibilidad	3	Probable	02, 15, 16	06, 09	
	2	Ocasional	19	03, 13, 11	07, 14, 17
	1	Raro	20	08, 10, 18	01, 04, 05, 12

Según la Matriz de Riesgo se puede ver que los problemas más latentes están directamente relacionados con el sistema de bombas de la Red Húmeda, por lo que es esencial prestarle fuerte atención al mantenimiento de estos equipos evitando a toda costa que puedan producirse alguno de los incidentes anteriormente señalados.

3.1.3 Análisis de Árbol de Fallas

El análisis mediante un árbol de fallas es un método analítico y deductivo que tiene como finalidad simular las situaciones de causa y efecto que podrían conducir a una falla funcional (evento analizado).

Permite establecer el riesgo propio de cada una de las situaciones potenciales de falla. Es una técnica de carácter proactivo pues analiza las fallas o causas con anterioridad a que se manifiesten.

La herramienta de Árbol de Fallas es capaz de proporcionar la probabilidad ocurrencia de un evento final no deseado. Este evento no deseado es equivalente a

una falla funcional del sistema que estamos analizando, la cual es la que se quiere evitar que suceda.

Es una herramienta que ocupa lógica booleana con operadores de estructura algebraica que esquematiza las operaciones lógicas Y, O, NO y SI, así como el conjunto de operaciones unión, intersección y complemento.

El sistema contra incendios del campus es posible separarlo en tres ejes principales, los cuales son la Red Húmeda, Red Seca y Extintores. Estos pueden fallar por motivos inherentes de cada sistema, los cuales se muestran a continuación en el árbol.

Las tasas de fallas expuestas a continuación son obtenidas con la información recopilada y observada del estado actual de los sistemas contra incendio del campus. Algunos datos que no pueden ser calculados por falta de información se obtienen del libro “Manual de Mantenimiento. Ingeniería, Gestión y Organización” de Alejandro J. Pistarelli. Las tasas de falla se encuentran en unidades de número de fallas por año.

Sistema Completo Contra Incendios

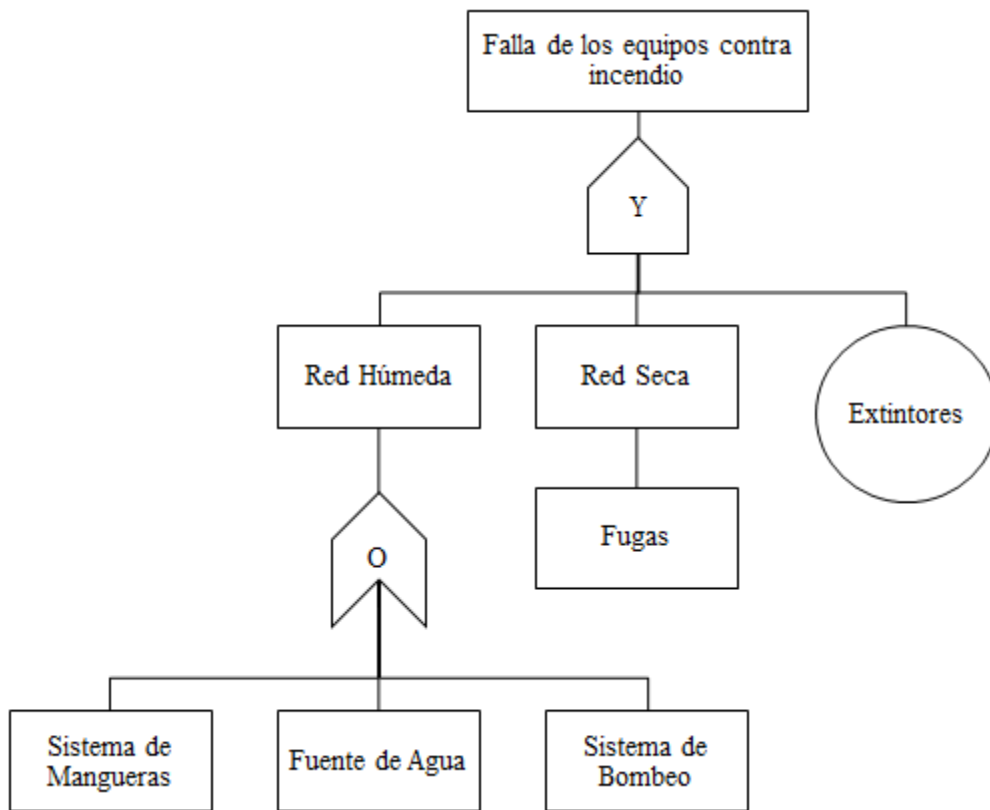


Figura 12: Árbol de Fallas global del sistema contra incendios.

Tabla 5: Probabilidad de falla de los distintos componentes del sistema global.

	Tasa de Falla	Probabilidad de Falla
Falla de los equipos contra incendio	-	0,002082925 (0,21%)
• Red Húmeda	-	0,310812221 (31,08%)
○ Sistema de Mangueras	-	0,278626444
○ Fuente de agua	-	0,029585592
○ Sistema de bombeo	-	0,002600185
• Red Seca	-	0,095040206 (9,50%)
○ Fugas	-	0,095040206
• Extintores	-	0,070512821 (7,05%)

Red Húmeda

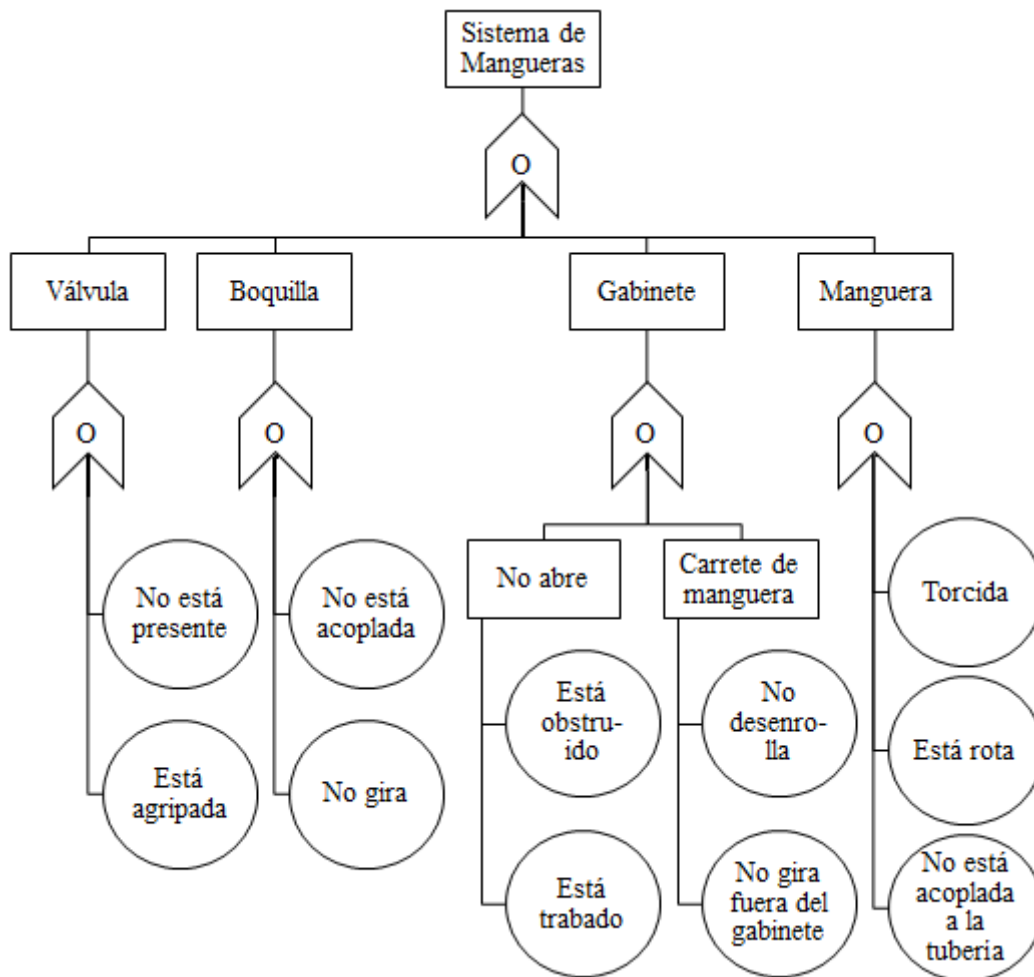


Figura 13: Árbol para la falla “Sistema de Mangueras” de la Red Húmeda.

Tabla 6: Probabilidad de falla para el “Sistema de Mangueras” de la Red Húmeda.

	Tasa de Falla	Probabilidad de Falla
Sistema de Mangueras	-	0,278626444
• Válvula	-	0,073722911
○ No está presente	0,056604	0,055031797
○ Está agripada	0,018868	0,018691114
• Boquilla	-	0,037382227
○ No está acoplada	0,018868	0,018691114
○ No gira	0,018868	0,018691114
• Gabinete	-	0,09310621
○ No abre	-	0,055723983
▪ Está obstruido	0,037736	0,037032869
▪ Está trabado	0,018868	0,018691114
○ Carrete de manguera	-	0,037382227
▪ No desenrolla	0,018868	0,018691114
▪ No gira fuera del gabinete	0,018868	0,018691114
• Manguera	-	0,074415096
○ Torcida	0,037736	0,037032869
○ Está rota	0,018868	0,018691114
○ No está acoplada a la tubería	0,018868	0,018691114

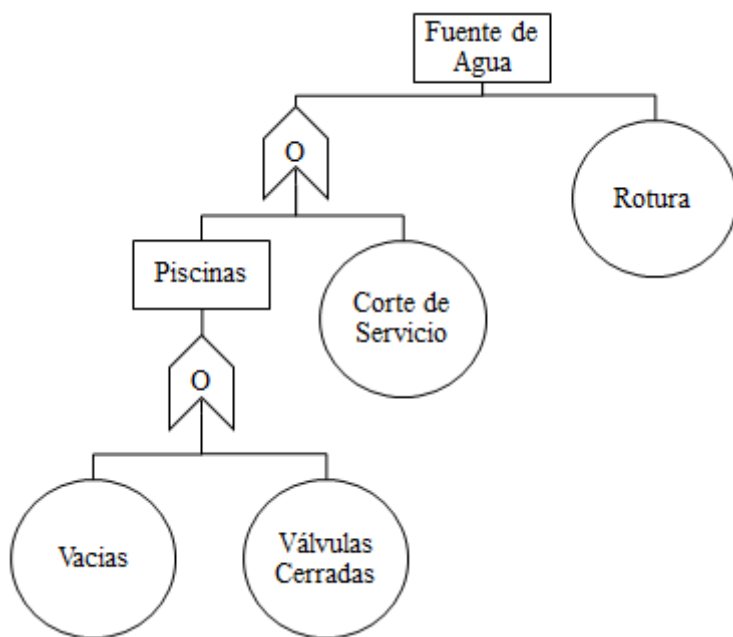


Figura 14: Árbol para la falla “Fuente de Agua” de la Red Húmeda.

Tabla 7: Probabilidad de falla para la “Fuente de agua” de la Red Húmeda.

	Tasa de Falla	Probabilidad de Falla
• Fuente de agua	-	0,029585592
○ Piscinas	-	0,021400276
▪ Vacías	0,0004	0,00039992
▪ Válvulas cerradas	0,021224	0,021000356
○ Corte de Servicio	0,008219	0,008185316

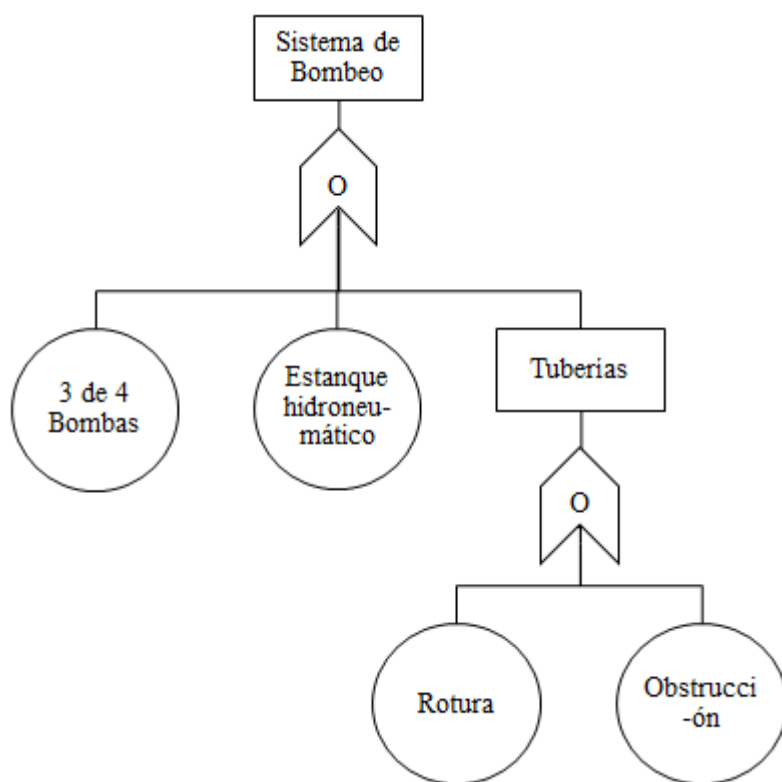


Figura 15: Árbol para la falla “Sistema de Bombeo” de la Red Húmeda.

Tabla 8: Probabilidad de falla para el “Sistema de Bombeo” de la Red Húmeda.

	Tasa de Falla	Probabilidad de Falla
• Sistema de bombeo	-	0,002600185
○ 3 de 4 Bombas	0,000037	3,69993E-05
○ Estanque hidroneumático	0,002365	0,002362206
○ Tuberías	-	0,00020098
▪ Rotura	0,000001	9,99999E-07
▪ Obstrucción	0,0002	0,00019998

Red Seca

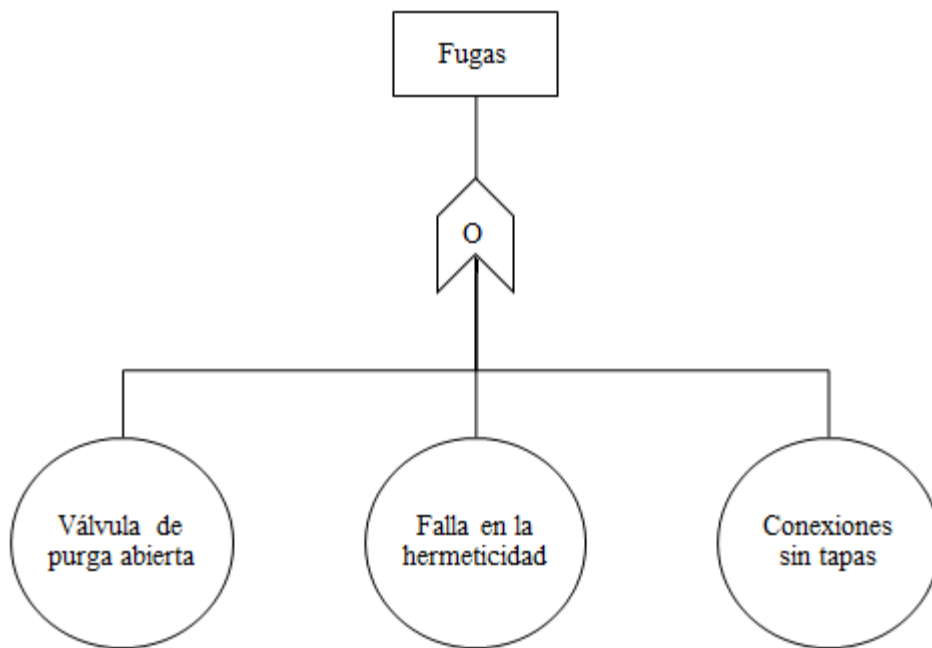


Figura 16: Árbol para la falla “Fugas” de la Red Seca.

Tabla 9: Probabilidad de falla por “Fugas” de la Red Seca.

	Tasa de Falla	Probabilidad de Falla
• Fugas		0,095040206
○ Válvula de purga abierta	0,021224	0,021000356
○ Falla en la hermeticidad	0,000001	9,99999E-07
○ Conexiones sin tapas	0,076923	0,07403885

A partir del Árbol de Fallas es posible ver que el sistema contra incendios tiene una probabilidad de falla global de un 0,21%, por lo que se tiene un 99,79% de seguridad de que alguno de los equipos (Red Húmeda, Red Seca o Extintores) se encontrará disponible en caso de producirse algún incendio.

Entrando al detalle, el sistema de Red Húmeda es el con mayor probabilidad de falla con un 31,08%, seguido por el sistema de Red Seca con un 9,5%, y por último los extintores con un 7,05%.

3.1.4 Análisis con Diagramas de Pareto

Es importante reconocer donde se concentra el corazón de las fallas del sistema contra incendios. Al realizar un análisis con diagramas de Pareto es posible visualizar porcentualmente donde se concentran las fallas, ubicando donde está el 80-20 de los problemas.

Cada valor obtenido con el Árbol de Fallas se convierte en un valor porcentual del total de las probabilidades de falla, con lo cual se consigue la Figura 17: Análisis de Pareto para el Sistema Contra Incendios..

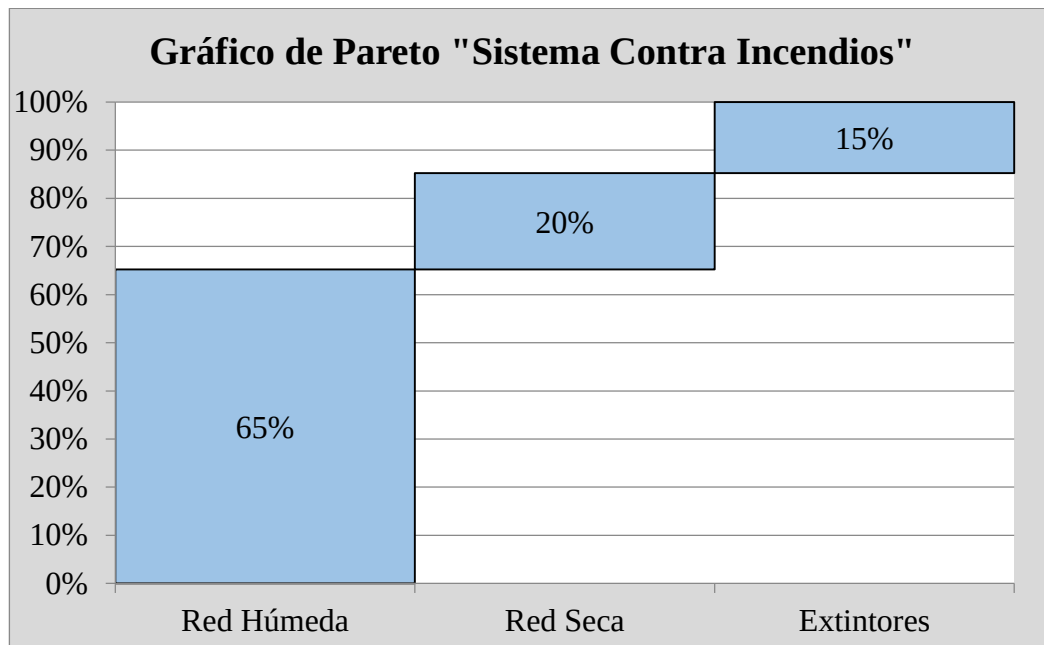


Figura 17: Análisis de Pareto para el Sistema Contra Incendios.

Es posible observar que el 65% de las fallas del sistema se atribuyen a la Red Húmeda y el 20% a la Red Seca. La suma de estos dos grupos es igual a 85%, donde

al aplicar el criterio 80-20 se puede focalizar a estos dos equipos, los cuales hay que prestar mayor atención dentro del plan.

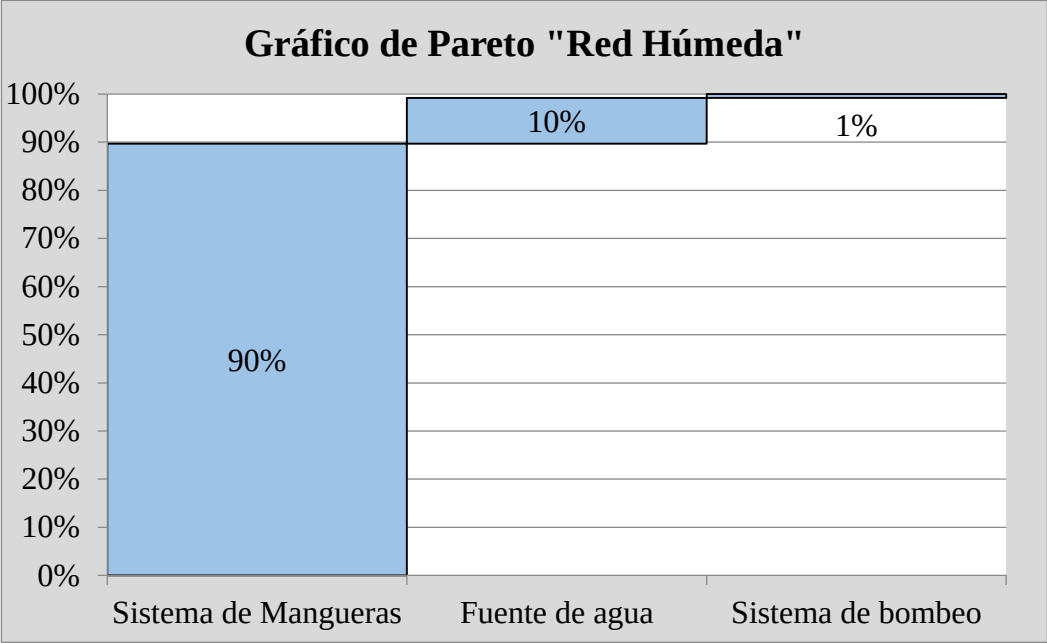


Figura 18: Análisis de Pareto para “Red Húmeda” del Sistema contra incendios.

Al realizar el mismo ejercicio para los componentes de la Red Húmeda es posible visualizar que el 90% de las fallas se pueden atribuir al Sistema de Mangueras.

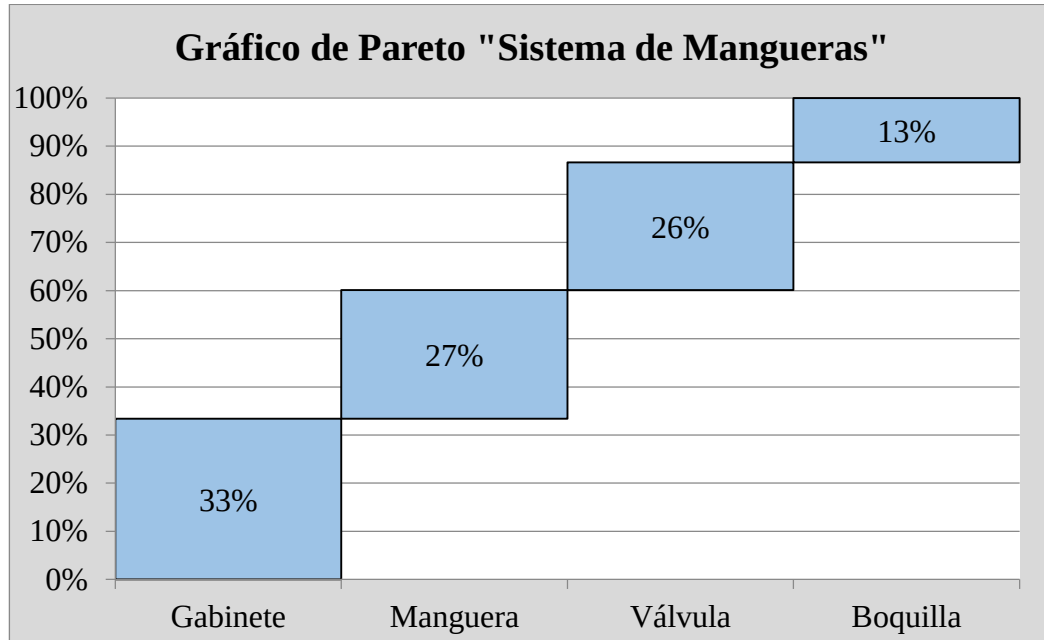


Figura 19: Análisis de Pareto para "Sistema de Mangueras" de Red Húmeda.

Dentro del sistema de Mangueras se encuentra lo que aparece detallado en la Figura 19: Análisis de Pareto para "Sistema de Mangueras" de Red Húmeda., una distribución de las fallas muy homogénea entre gabinetes, mangueras, válvulas y boquillas. Se puede realizar una separación 80-20 de las fallas, pero no sería del todo acertado dejar algunos componentes fuera, por lo que el análisis dice que el foco está principalmente en el Sistema de Mangueras completo de la Red Húmeda.

Por la parte de la Red Seca se obtiene el siguiente análisis de Pareto, detallado en la Figura 20: Análisis de Pareto para Red Seca del Sistema contra incendios..

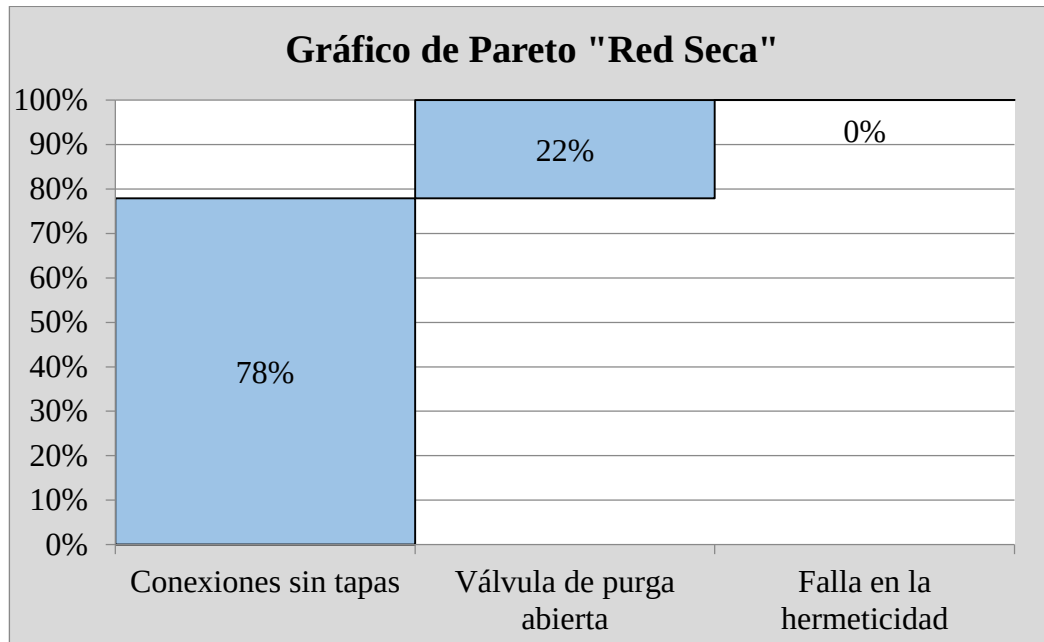


Figura 20: Análisis de Pareto para Red Seca del Sistema contra incendios.

Es posible notar que el 78% de las fallas se producen por la falta de tapas en las entradas y salidas de la tubería del sistema. De todas maneras cabe recalcar que el otro 22%, proveniente de la posición de las válvulas, entra dentro del mismo tipo de problemática que el de las tapas, que es la no revisión frecuente de los componentes. Esto se soluciona con una simple planificación de inspección recurrente del estado de los componentes, por lo que es fácil disminuir la probabilidad de falla de la Red Seca en la globalidad de sus problemas.

3.1.5 Labores de Mantenimiento a Internalizar

Es posible llevar a cabo una serie de actividades de inspección, prueba y mantenimiento utilizando recursos con los que la universidad cuenta y sin la necesidad de grandes conocimientos técnicos sobre equipos para combatir incendios.

Según la información obtenida, estas son las siguientes tareas que pueden ser llevadas a cabo por personal operativo interno del campus:

- Inspección de la correcta posición de las distintas válvulas de los equipos de extinción.
- Inspección del estado superficial de algunos aspectos de los equipos.
- Orden y limpieza de los equipos.
- Pruebas que no requieran equipos técnicos de avanzado conocimiento.
- Mantenciones de fácil ejecución.

3.1.6 Labores de Mantenimiento a Externalizar

Actualmente se contratan los servicios de la empresa EBSA para llevar a cabo tareas de mantenimiento para los equipos de bombas y piscinas. Por otro lado, se contrata una empresa externa (en la última ocasión fue Perfometal) que ejecuta las tareas de mantenimiento en las redes húmeda y seca una vez al año.

Para este plan de mantenimiento se propone mantener esta lógica para los sistemas de red seca y res húmeda, pero agregar algunos puntos específicos de mantenimiento de los componentes para el sistema de bombas para asegurar mayor confiabilidad.

3.1.7 Codificación de Equipos

Para tener un reconocimiento más rápido y agilizado de los equipos de la red, es necesario asociarles una codificación que ayude con las labores de mantenimiento. Esta codificación tiene por finalidad mejorar la comunicación entre las distintas personas encargadas de los equipos, facilitando la notificación de fallas y registro de tareas de mantenimiento en ellos.

Equipos:

Tabla 10: Codificación de equipos del sistema contra incendio.

Equipo	Código	Descripción
Red Húmeda	RH	Salidas de mangueras de la Red Húmeda.
Red Seca	RS	Salidas de columna seca con conexión de mangueras Storz para uso exclusivo de bomberos.

Edificios:

Tabla 11: Codificación de edificios del campus.

Edificio	Código	Descripción
Edificio A	EA	Edificio principal de ubicación suroriente.
Edificio B	EB	Edificio principal de ubicación norponiente.
Edificio C	EC	Ex casino, actual sala de recreación, mesas de ping-pong y otros.
Edificio F	EF	Edificio central del campus con hasta cinco pisos.
Edificio de Enfermería y Mantenimiento	ME	Edificio ubicado a un costado de la entrada sur de autos.
Edificio de Eléctrica	EE	Salas y laboratorio de Ingeniería Eléctrica, también se encuentran los camarines del personal de aseo.
Edificio de Mecánica	EM	Salas de profesores de Ingeniería Mecánica, Laboratorio de Tecnología Mecánica y Sala de Proyectos.

Niveles Respecto al Suelo:

Tabla 12: Codificación de los niveles respecto al suelo del campus.

Nivel	Código
-1	00
1	01
2	02
3	03
4	04
5	05

Esta codificación comienza por las siglas SJ (San Joaquín), debido a su campus respectivo, y termina con una numeración que sigue la lógica de orden de las rutas de mantenimiento que se especifican más adelante. Por lo que, por ejemplo, un gabinete de incendio de la Red Húmeda ubicado en San Joaquín, Edificio A, Nivel 2 y en el puesto 10 de la ruta de mantenimiento tendrá el siguiente código: SJ-RH-EA-02-10. En la sección de Anexos se puede ver el detalle.

3.1.8 Rutas de Mantenimiento

Luego de codificar y ubicar, y a partir de la disposición espacial dentro del campus de los gabinetes de mangueras de incendio, se pudo hacer un mapeo de distribución y una ruta de mantenimiento para estos equipos, con la finalidad de agilizar las labores de inspección, prueba y mantención.

La ruta se crea a partir de los criterios de menor distancia posible recorrida por el operario que ejecuta las tareas de mantenimiento y siguiendo un orden lógico según edificios y distribución dentro del campus.

Cabe mencionar que la numeración de los gabinetes es hecha a partir de este orden de seguimiento.

Se obtiene lo que se aprecia en la Figura 21: Ilustración en AutoCAD de la ruta de mantenimiento desarrollada en las instalaciones del campus. La ruta se muestra en color verde, comenzando en el Edificio A y terminando en el Edificio de Mantenimiento y Enfermería..

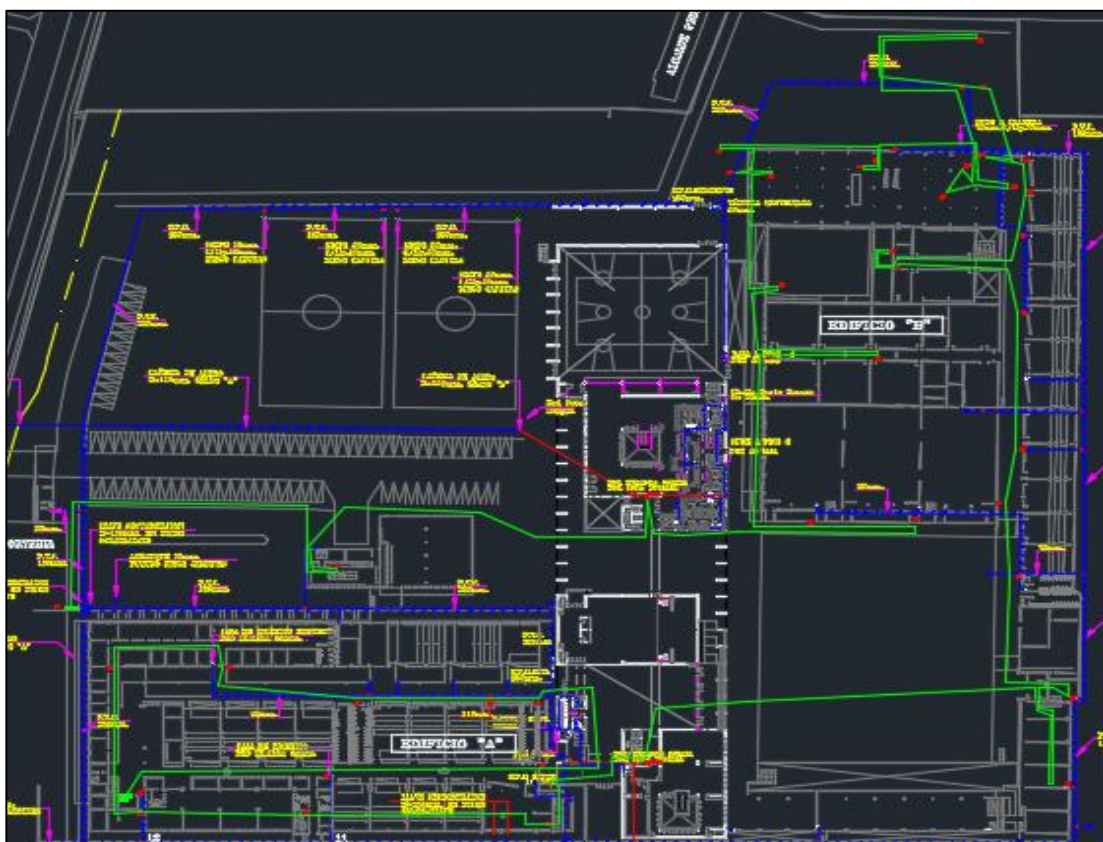


Figura 21: Ilustración en AutoCAD de la ruta de mantenimiento desarrollada en las instalaciones del campus. La ruta se muestra en color verde, comenzando en el Edificio A y terminando en el Edificio de Mantenimiento y Enfermería.

3.1.9 Mantenimiento de Bombas

Se pretende especificar a la empresa EBSA detalles más completos de mantenimiento del sistema de bombas. Estos se deben agregar a las actuales labores de mantención, las cuales son llevadas a cabo anualmente.

Esta mantención consiste en el desarme parcial de cada una de las bombas con la finalidad de hacer un cambio de componentes gastados, lubricación y detalles inherentes al buen funcionamiento.

A continuación se detallan los puntos importantes a agregar:

- Cambiar el lubricante de rodamientos de las bombas.
- Chequear el estado de los ejes de las bombas.
- Chequear precisión de sensores y manómetros.
- Chequear el alineamiento del acople de la bomba.
- Cambiar lubricante del acoplamiento.
- Cambiar lubricante del reductor.
- Verificar la correcta lubricación de los componentes mecánicos.
- Comprobar que las conexiones eléctricas se encuentran en buen estado.

3.1.10 Checklist de Tareas Periódicas

A partir de la planilla Excel con las cláusulas NFPA se puede sintetizar una lista de tareas a ejecutar según ciertos lapsos de tiempo. La finalidad de esta lista es llevar un registro de la verificación de ciertas inspecciones, pruebas y mantenciones llevadas a cabo en los equipos. Estos lapsos de tiempo se dividen en tareas de ejecución semanal, mensual, trimestral, semestral y anual.

Estas tareas de mantenimiento van enfocadas en los distintos componentes que forman el sistema completo contra incendios, ya sean piscinas, red húmeda, seca, bombas, etcétera. La Figura 22: Ejemplo de checklist de tareas. ejemplifica el formato.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE RED DE INCENDIO				
CHECKLIST DE TAREAS TRIMESTRALES				
Nombre de Operario: _____ Fecha: _____				
I. <u>Tareas:</u>				
1) Piscinas	¿Correcto?		¿Corregido?	
	Si	No	Si	No
Verificar que las escaleras de acceso a las ventanillas de las piscinas se encuentran en buen estado.				
Verificar que el exterior de las piscinas y las zonas circundantes no tienen daños evidentes o elementos obstaculizantes o que puedan interferir con la operación normal de la piscina.				
2) Red Seca	¿Correcto?		¿Corregido?	
	Si	No	Si	No
Las conexiones de bomberos estén visibles y accesibles				
Los acoples o articulaciones no estén dañados y giran				

Figura 22: Ejemplo de checklist de tareas.

Dentro de estos checklist se especifican las tareas de inspección, prueba y mantención que ya se están llevando a cabo actualmente en el plan de mantenimiento y una serie de otras tareas nuevas añadidas, que eran requeridas según las necesidades que presenta el campus.

No existen tareas que hayan sido eliminadas del actual modelo de mantenimiento. Solamente se añadieron nuevas y en algunos casos se modificaron los tiempos de ejecución.

3.1.11 Cronograma de Actividades

Para llevar a cabo un cumplimiento programado del plan se crea un calendario de actividades dividido semanalmente en las distintas tareas que deben ejecutarse según semana, mes, trimestre, semestre y año. Esta carta nos muestra en que momento del

año deben ejecutarse las tareas específicas de inspección, prueba y mantenimiento, con la finalidad de llevar un registro minucioso de la ejecución del plan.

Esta carta de programación anual además ayuda a cuantificar ciertos indicadores de desempeño del plan, con la finalidad de tener un seguimiento del rendimiento de la ejecución de éste. Se ve el detalle en la Figura 23: Calendario de Actividades de Mantenimiento para el sistema contra incendios..

	01-01-2018	08-01-2018	15-01-2018	22-01-2018	29-01-2018	05-02-2018	12-02-2018	19-02-2018
	05-01-2018	12-01-2018	19-01-2018	26-01-2018	02-02-2018	09-02-2018	16-02-2018	23-02-2018
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
	Mes 1				Mes 2			
	Trimestre 1							
Tareas Semanales								
Tareas Mensuales								
Tareas Trimestrales								
Tareas Semestrales								
Tareas Anuales								

Figura 23: Calendario de Actividades de Mantenimiento para el sistema contra incendios.

3.1.12 KPI's o Indicadores de Desempeño de Mantenimiento

Para llevar un mejor control del desempeño y poder realizar un seguimiento al mantenimiento de los sistemas contra incendio del campus es necesario evaluar ciertos parámetros que entregan información relevante al encargado de gestión y administración.

A continuación en la Tabla 13: Indicadores de Desempeño o KPI's de seguimiento del Plan de Mantenición. se muestran de forma simplificada los KPS's a utilizar junto con la implementación del Plan de Mantenimiento.

Tabla 13: Indicadores de Desempeño o KPI's de seguimiento del Plan de Mantenición.

KPI N°	Nombre del KPI	Definición	Meta Definida
1	Cumplimiento del Programa	Tareas ejecutadas / Tareas programadas hasta la fecha	Mayor a 95%
2	Cumplimiento del Calendario	Tareas ejecutadas en su fecha / Tareas programadas hasta la fecha	Mayor a 95%
3	Probabilidad de Falla de Red Húmeda	Probabilidad de Falla de Red Húmeda	Menor a 5%
4	Probabilidad de Falla de Red Seca	Probabilidad de Falla de Red Seca	Menor a 5%
5	Mantenimiento Reactivo	Horas de Mantenimiento Reactivo / Horas de Mantenimiento	Menor a 10%
6	Registro Fotográfico	Número de fotografías a problemas o posibilidades de mejora por mes	Mayor a 4 [Fotos/Mes]
7	Gastos de Mantenimiento	Cantidad de gastos utilizados en el mantenimiento de los sistemas	Sin Meta

CAPÍTULO 4

4.1 Conclusiones

En este trabajo fue posible tomar un problema latente que existe en la universidad y aterrizarlo a definiciones y conceptos claros, para luego ser desarrollados y manipulados con el fin de obtener una solución que garantice un grado aceptable de conformidad bajo su ejecución. Se pusieron en práctica y uso muchos conceptos y herramientas que se vieron durante el transcurso de los estudios de Ingeniería Civil Mecánica. Por otro lado, fue posible aprender mucho sobre el trabajo y esfuerzo que implica llevar a cabo un proyecto de estas características y cómo abordarlo.

Respecto al trabajo expuesto en este documento es posible afirmar que se cumplieron todos los objetivos planteados inicialmente. Se recopiló y analizó satisfactoriamente la información disponible, comprobando la existencia y funcionalidad de los equipos en el campus, con la cual fue posible crear una plan de trabajo y estrategia direccionada a los fines de la institución y llevar a cabo un programa pauteado y estandarizado de mantenimiento para los equipos contra incendios del campus San Joaquín de la Universidad Técnica Federico Santa María. Todo esto a partir del diagnóstico desarrollado en conjunto con la institución del estado actual del mantenimiento, lo que fue complementado y comparado con normativas internacionales NFPA para llegar al resultado de este trabajo: Un plan de mejora de la gestión del mantenimiento de los equipos y medidas contra incendios.

La operatividad del establecimiento está directamente relacionada y muy comprometida al cumplimiento de las normativas y estándares mínimos relacionados a los sistemas de incendio, por lo que es muy recomendado para la unidad/departamento de mantenimiento de la universidad implementar este trabajo en sus rutinas de operación.

Es posible, para trabajos futuros, realizar un plan de implementación y seguimiento de los estándares planteados en este trabajo de memoria, e incluso complementarlo con una propuesta de mejoramiento continuo, donde se puedan encontrar oportunidades de mejora que sean capaces de ofrecer un mejor rendimiento del mantenimiento de los equipos de la institución.

Un punto importante, que queda propuesto para futuros trabajos en esta misma área, es la adición de más y mejores indicadores de desempeño o KPI's. Capaces de responder importantes preguntas relacionadas al mantenimiento: ¿Estamos haciéndolo bien?, ¿Es seguro nuestro sistema para protegernos del fuego?, ¿Podemos Internalizar/Externalizar algunas tareas?, etcétera.

4.2 Observaciones y Recomendaciones

A partir del levantamiento de información que se realizó para llevar a cabo este trabajo, se pueden mencionar una serie de observaciones, sugerencias y recomendaciones respecto al sistema contra incendio del campus, que salen de los alcances de esta tesis, pero están estrechamente ligados a la seguridad y a las mejores prácticas de mantenimiento y cuidado de las instalaciones de los edificios.

4.2.1 Bomba de Sentina

La sala de bombas es al final de cuentas el corazón de la red, si este sistema falla la red húmeda completa fallará, por lo que se está hablando de un activo crítico. Esto se traduce en que es de vital importancia proteger este sistema y asegurar a toda costa que esté disponible cuando se necesite.

A partir de las observaciones hechas, es totalmente recomendable que a la sala de bombas se le agregue una bomba de sentina para evitar inundaciones de la sala de bombas, la cual bombearía fuera de ésta el agua que pueda llegar a depositarse dentro

antes de que llegue a un nivel que pueda dañar a los equipos de suministro de agua de la red húmeda.

4.2.2 Considerar la adición de rociadores en áreas más vulnerables

Cabe destacar que el campus no cuenta con rociadores en ninguna sala, lo que puede ser una amenaza para lugares que son más vulnerables a la aparición de un fuego, como lo son los laboratorios y cocinas donde se trabaja con altas temperaturas.

Los rociadores son un elemento automático y muy eficaz, ya que atacan directamente el fuego a los pocos segundos de que este se produce. Realizando un intuitivo ejercicio mental, se puede percibir que el beneficio a cambio de instalar rociadores en los lugares más amenazados a posibles incendios es bastante grande.

4.2.3 Considerar adición de filtros en las tuberías

Al agregar filtros en distintos puntos, según criterios de normativas y de la NFPA, se tiene mayor control de la posible sedimentación de material que puede ir año tras año tapando las conexiones de la red húmeda, sobretodo en puntos más vulnerables como codos y válvulas. Instalando filtros removibles e intercambiables esta tarea puede volverse de muy fácil ejecución. Sobre todo si se incluye dentro de los equipos del sistema contra incendios y dentro de la programación de mantenimiento que éste recibe.

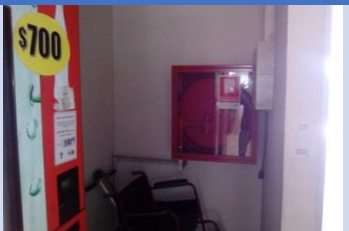
Anexos

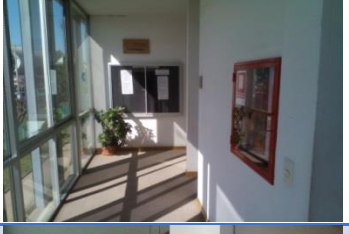
Detalle de Codificación de Equipos

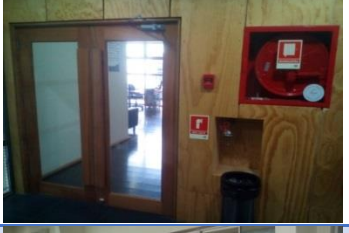
Red Húmeda

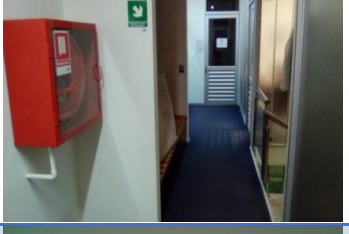
Red Húmeda con 53 Gabinetes de Mangueras. Codificación según campus, equipo, edificio, nivel respecto al suelo, numeración y referencia de proximidad.

Tabla 14: Detalle para la codificación de equipos para la Red Húmeda.

Campus	Equip	Edif	Nvl	N°	Ref	Foto
SJ	RH	EA	01	01	Entrada Suroriente	
SJ	RH	EA	01	02	Coordinación	
SJ	RH	EA	01	03	Entrada Oriente/Costado Recepción	
SJ	RH	EA	01	04	Sala A011	

SJ	RH	EA	01	05	Baños y Sala A008	
SJ	RH	EA	01	06	Frontis Sala A005	
SJ	RH	EA	01	07	Oficinas A047 y A049	
SJ	RH	EA	02	08	Dpto. Obras Civiles	
SJ	RH	EA	02	09	Dpto. Mecánica	
SJ	RH	EA	02	10	Dpto. Informática	
SJ	RH	EF	00	11	Columna Oriente Nivel Menos 1	

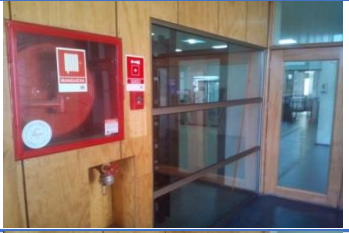
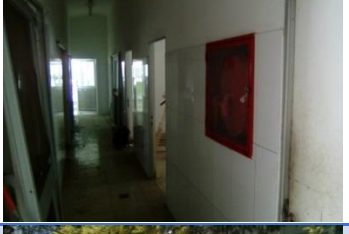
SJ	RH	EF	01	12	Columna Oriente Nivel 1	
SJ	RH	EF	02	13	Columna Oriente Nivel 2	
SJ	RH	EF	03	14	Columna Oriente Nivel 3	
SJ	RH	EF	04	15	Columna Oriente Nivel 4	
SJ	RH	EF	05	16	Columna Oriente Nivel 5	
SJ	RH	EB	01	17	Sala de Estudio Nororiente	
SJ	RH	EB	01	18	Fotocopias e Impresiones	

SJ	RH	EB	01	19	Sala B001	
SJ	RH	EB	01	20	Frontis Sala B003	
SJ	RH	EB	01	21	Sala B004	
SJ	RH	EB	01	22	Sala B008	
SJ	RH	EB	01	23	Lab. Química Pasillo, Frente a sala B010	
SJ	RH	EB	02	24	Lab. Química Frente a Escaleras Arriba	
SJ	RH	EB	01	25	Sala B010	

SJ	RH	EB	01	26	Sala B011	
SJ	RH	EB	02	27	Lab. Transferencia de Materia	
SJ	RH	EB	02	28	Lab. Transversal	
SJ	RH	EE	01	29	Costado Lab. Eléctrica Oriente	
SJ	RH	EE	02	30	Lab. Electrica Segundo Nivel Poniente	
SJ	RH	EE	00	31	Camarines Personal de Aseo	
SJ	RH	EB	00	32	Lab. Obras Civiles Suroeste	

SJ	RH	EB	00	33	Lab. Obras Civiles Suroriente	
SJ	RH	EB	00	34	Lab. Obras Civiles Norte	
SJ	RH	EB	01	35	Dpto de Ing. Química y Ambiental	
SJ	RH	EB	01	36	Taller Metalmecánico Tornos	
SJ	RH	EB	02	37	Taller Metalmecánico Oficinas/Camarines	
SJ	RH	EM	01	38	Pasillo Oficinas Mecánica	
SJ	RH	EM	02	39	Sala de Proyectos	

SJ	RH	EM	00	40	Lab. Tecnología Mecánica	
SJ	RH	EB	00	41	Lab. Termofluidos	
SJ	RH	EB	02	42	Dpto. Ing. Minas	
SJ	RH	EB	01	43	Salida Sur Edificio B	
SJ	RH	EB	01	44	Frontis B038 y Costado B032	
SJ	RH	EB	01	45	Auditorio B021	
SJ	RH	EB	01	46	Auditorio B023	

SJ	RH	EF	00	47	Columna Poniente Nivel Menos 1	
SJ	RH	EF	01	48	Columna Poniente Nivel 1	
SJ	RH	EF	02	49	Columna Poniente Nivel 2	
SJ	RH	EF	03	50	Columna Poniente Nivel 3	
SJ	RH	EF	04	51	Columna Poniente Nivel 4	
SJ	RH	EC	01	52	Pasillo posterior Kioscos / Ex cocina	
SJ	RH	ME	01	53	Entrada Enfermería	

Red Seca

Red Seca con 11 Salidas Storz. Codificación según campus, equipo, edificio, nivel respecto al suelo, numeración y referencia de proximidad.

Tabla 15: Detalle para la codificación de equipos para la Red Seca.

Campus	Equip	Edif	Nvl	Nº	Ref	Foto
SJ	RS	EF	00	01	Columna Oriente Nivel Menos 1	N/A
SJ	RS	EF	01	02	Columna Oriente Nivel 1	
SJ	RS	EF	02	03	Columna Oriente Nivel 2	N/A
SJ	RS	EF	03	04	Columna Oriente Nivel 3	N/A
SJ	RS	EF	04	05	Columna Oriente Nivel 4	N/A
SJ	RS	EF	05	06	Columna Oriente Nivel 5	N/A
SJ	RS	EF	00	07	Columna Poniente Nivel Menos 1	N/A
SJ	RS	EF	01	08	Columna Poniente Nivel 1	N/A
SJ	RS	EF	02	09	Columna Poniente Nivel 2	N/A
SJ	RS	EF	03	10	Columna Poniente Nivel 3	N/A
SJ	RS	EF	04	11	Columna Poniente Nivel 4	N/A

Bibliografía

- NFPA Internacional. "NFPA 25. Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendios a Base de Agua" [en línea]. Edición 2002. [Consulta: 19-May.-2016]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/erikpatterson940/nfpa-25-inspeccion-prueba-y-mantenimiento-de-sistemas-de-proteccion-contraincendios-a-base-de-agua-2002pdf>
- NFPA Internacional. "NFPA 10. Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios" [en línea]. Edición 2007. [Consulta: 20-May.-2016]. Disponible en: <http://www.extingman.com/web/descargas/norma-nfpa-10.pdf>
- Monchy, F. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial. Barcelona: Masson S.A., 1990. ISBN 978-8-43-110524-2.
- Baldin, Asturio; Fournaleto, Luciano; Rovesi, Antonio; Turco, Francesco. Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales. 3º ed. Barcelona: Gustavo Gali, 1982. ISBN 84-252-1131-X.
- Campbell, John D.; Reyes-Picknell, James V. Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management. 2º ed. ISBN 978-1-56-327335-3.
- Mobley, Keith.; Higgins, Lindley R.; Wikoff, Darrin J. Maintenance Engineering Handbook. 7º ed. Boston: McGraw-Hill Professional, 2008. ISBN 0-07-164101-7.
- Pistarelli, Alejandro J. Manual De Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización. 1º ed. Buenos Aires. Talleres Gráficos R y C, 2010. ISBN 978-987-05-8420-9
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la Utilización de los Equipos de trabajo. Real Decreto 487/1997, de 14 de abril. BOE nº 97, de 23 de abril. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/lugares.pdf>
- ANSI/UL711. "Rating and Fire Testing of Fire Extinguishers". 7º ed. 2004.

- Universidad Técnica Federico Santa María. Misión, Visión y Valores. [Consulta: 31-May.-2017]. Disponible en:
<http://www.usm.cl/universidad/mision-vision-valores>
- Bovier R. Firense. Carga de Fuego. [Consulta: 02-Jun.-2017]. Disponible en:
<https://firensesoft.blogspot.cl/p/carga-de-fuego.html>
- Recopilación De La Normativa Nacional De Seguridad Contra Incendios. [Consulta: 23-Oct.-2017]
<https://es.scribd.com/document/346964147/Manual-de-Seguridad-contra-Incendios-CChC-enero2014-pdf>