



**UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo Final de Graduación

**GUÍAS DE DISEÑO, INSPECCIÓN, PRUEBA Y  
MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE  
PROTECCIÓN ACTIVA A BASE DE AGUA EN  
CONDOMINIOS VERTICALES**

Trabajo Final de Graduación sometido a la consideración de la

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Como parte de los requisitos  
para aspirar al título y grado de

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECÁNICA CON ÉNFASIS EN  
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.**

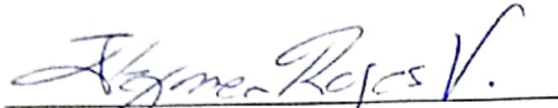
Sharell Monge Segura

Sede Interuniversitaria de Alajuela

Mes, 2023

## Hoja del tribunal

Este proyecto de graduación fue aceptado por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado y título de Licenciatura en Ingeniería Mecánica con Énfasis en Protección Contra Incendios.



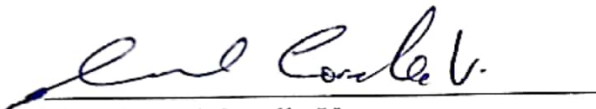
Mag. Jhymer Rojas Vásquez  
Coordinador de Ingeniería Mecánica PCI

Representante de la Escuela



M.Sc. Luis Andrés Flores Quirós  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Asesor director



Lic. Manuel Corella Vargas  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Asesor interno



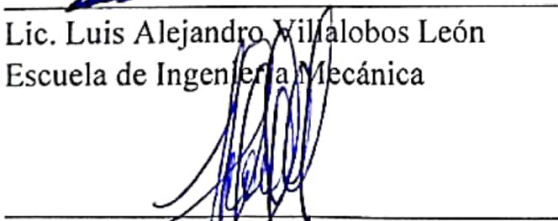
Lic. Allan Sánchez Escobar  
Salvavidas de Centroamérica

Asesor externo



Lic. Luis Alejandro Villalobos León  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Profesor Invitado



Sharell Monge Segura B54543

Ponente

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer principalmente a Dios por llenar mi vida de bendiciones, oportunidades y experiencias, a mi mamá que siempre me ha apoyado, me ha dado todo en la vida para ser la persona que soy y siempre me motiva a no darme por vencida, a mi hermana que es un modelo a seguir y me enseña a ser mejor persona, a mi novio Luis por acompañarme en este camino y enseñarme a creer en mí. A mi tía Luz por siempre cuidarme, quererme y preocuparse por mí, mis asesores Luis Flores, Manuel Corella y Allan Sánchez que han sido parte de este proyecto, me han guiado y acompañado en todo momento.

# Índice general

HOJA DEL TRIBUNAL.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	10
SIMBOLOGÍA .....	12
SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	13
RESUMEN .....	14
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	16
1.2. MODALIDAD DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN.....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4. OBJETIVOS .....	20
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	20
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	20
1.5. METODOLOGÍA GENERAL RECURSOS .....	22
1.6. APORTACIONES Y PRODUCTOS ESPERADOS .....	24
1.6.1. <i>Limitaciones</i> .....	26
1.7. COMITÉ ASESOR Y TERCERAS PARTES INTERESADAS .....	26
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>27</b>
2.1. CRECIMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CONDOMINIOS VERTICALES.....	27
2.2. DEFINICIONES SEGÚN EL BENEMÉRITO CUERPO DE BOMBEROS .....	31
2.3. ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS EN PROYECTOS HABITACIONALES.....	32
2.4. REVISIONES DE LOS PLANOS Y OBSERVACIONES EN DISEÑOS .....	35
2.5. OBSERVACIONES EN INSPECCIÓN DE SITIO .....	37
2.6. INFORMACIÓN INTERNACIONAL SOBRE LA IMPORTANCIA DE LOS ROCIADORES Y SU MANTENIMIENTO.....	38
2.7. NORMATIVAS NFPA .....	41
2.7.1. <i>Definición y diferencia entra norma y estándar</i> .....	42
2.7.2. <i>NFPA 10</i> .....	43

Clasificación del fuego.....	43
2.7.3. <i>NFPA 13</i> .....	45
Clasificación de riesgo.....	45
Información sobre rociadores.....	47
Tipos de sistema de rociadores.....	50
2.7.4. <i>NFPA 14</i> .....	52
Tipos de sistemas.....	52
2.7.5. <i>NFPA 20</i> .....	54
Bombas para SPCI.....	54
Tipos de motores.....	57
Ventilación.....	58
Suministro de combustible para bombas con motor Diesel.....	60
2.7.6. <i>NFPA 24</i> .....	61
Tuberías para SPCI.....	61
Accesorios.....	64
2.7.7. <i>NFPA 25</i> .....	66
2.7.8. <i>Funcionamiento de los Sistemas de Protección contra incendios</i> .....	67
2.7.9. <i>Ecuaciones para cálculo hidráulico</i> .....	68
2.7.10. <i>Seguro en condominios verticales</i> .....	71
<b>3.  DISEÑO</b> .....	<b>72</b>
3.1.  DISEÑO ARQUITECTÓNICO.....	76
3.2.  CLASIFICACIÓN DE LAS OCUPACIONES.....	76
3.2.1. <i>Curva de densidad/área</i> .....	77
3.2.2. <i>Demanda por mangueras</i> .....	78
3.2.3. <i>Resumen de criterios de diseño del sistema</i> .....	79
3.3.  DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES.....	80
3.3.1. <i>Selección tipo de extintor</i> .....	80
3.3.2. <i>Ubicación del extintor</i> .....	80
3.3.3. <i>Distancia de recorridos</i> .....	81
3.4.  DISTRIBUCIÓN DE TOMAS CLASE I.....	83
3.5.  DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES.....	84
3.5.1. <i>Factor K</i> .....	84
3.5.2. <i>Temperatura</i> .....	85
3.5.3. <i>Área por rociador</i> .....	85
3.5.4. <i>Cobertura</i> .....	86
3.5.5. <i>Respuesta de los rociadores</i> .....	86

3.5.6.	<i>Orientación de los rociadores</i> .....	86
3.5.7.	<i>Distancia entre rociadores</i> .....	87
3.6.	DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS .....	89
3.6.1.	<i>Cédula para ocupaciones de riesgo leve</i> .....	90
3.7.	DISTRIBUCIÓN DE SOPORTERÍA .....	91
3.7.1.	<i>Soportes colgantes</i> .....	91
3.7.2.	<i>Sopotería sísmica</i> .....	92
3.8.	CALCULO HIDRÁULICO.....	94
3.8.1.	<i>Área remota</i> .....	94
3.8.2.	<i>Cálculo de caída de presión</i> .....	97
Ajuste por cédula diferente a 40.....	98	
Ajuste por factor C diferente a 120.....	99	
3.8.3.	<i>Calculo hidráulico de rociadores</i> .....	100
3.8.4.	<i>Cálculo hidráulico de tomas clase I</i> .....	100
3.8.5.	<i>Dímetros óptimos</i> .....	101
3.9.	CALCULO SÍSMICO .....	102
3.9.1.	<i>Programa de cálculo para arriostres antisísmicos</i> .....	102
3.10.	SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	103
3.10.1.	<i>Cálculo de ventilación</i> .....	104
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>105</b>
4.1.	MODELO DEL CONDOMINIO VERTICAL REVIT .....	105
4.2.	GUÍA DE DISEÑO.....	108
4.2.1.	<i>Tabla dimensionamiento de tanques</i> .....	108
4.2.2.	<i>Tabla de áreas en m<sup>2</sup> para tanque</i> .....	110
4.2.3.	<i>Diagrama de flujo pasos de diseño</i> .....	111
4.3.	PLANOS .....	115
4.4.	ISOMÉTRICO DEL SPCI .....	116
4.5.	CÁLCULO DE SISTEMA DE ROCIADORES .....	118
4.6.	CÁLCULO DEL SISTEMA DE TOMAS CLASE I.....	119
4.7.	DISEÑO DE CASA MÁQUINAS .....	120
4.8.	SELECCIÓN DE LA BOMBA Y EQUIPO DE BOMBEO .....	121
4.9.	CÁLCULO DE VENTILACIÓN .....	122
4.10.	CÁLCULOS SÍSMICOS .....	123
4.11.	GUÍA DE MANTENIMIENTO.....	123
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>124</b>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
6. ANEXOS.....	129

## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1</b> Ubicación de condominios verticales en Costa Rica. (INEC, s.f).....	28
<b>Figura 2.2</b> Evolución de área de Construcción para condominios verticales. (CFIA, s.f) ..	29
<b>Figura 2.3</b> Nueva Oferta de condominios verticales. (Colliers, s.f) .....	29
<b>Figura 2.4</b> Plano condominios vertical. (Consultoría en condominios, 2017) .....	30
<b>Figura 2.5</b> Incendios estructurales clasificados por tipo de estructura (Unidad de Ingeniería Bomberos de Costa Rica, 2020). .....	32
<b>Figura 2.6</b> Incendios en estructura clasificada como Residencial (Fuente propia). .....	34
<b>Figura 2.7</b> Proyectos revisados por ocupación y según estatus de enero 2021 hasta julio 2021 (Unidad de Ingeniería de Bomberos, 2021).....	35
<b>Figura 2.8</b> Presencia de rociadores en reportes de fuego según su ocupación (Ahrens, 2017) .....	38
<b>Figura 2.9</b> Operación y efectividad de los rociadores (Ahrens, 2017) .....	39
<b>Figura 2.10</b> Razón de las fallas de los rociadores del 2010 al 2014 (Ahrens, 2017).....	40
<b>Figura 2.11</b> Componentes de un rociador automático (Stoletto, 2016).....	47
<b>Figura 2.12</b> Sistema de tipo Húmedo (Advance Security & fire Protection service, 2014). .....	51
<b>Figura 2.13</b> conexión sistema clase 1 (RST ingeniería S.A, 2018). .....	53
<b>Figura 2.14</b> Esquema de cuarto de equipos (Blanco Duarte & Martínez Jamaica, 2016)...	57
<b>Figura 2.15</b> Sistema típico de ventilación para una bomba operada por motor diésel enfriado con intercambiador de calor. (NFPA 20, 2019).....	59
<b>Figura 3.1</b> Extracto ejemplo de Guía de diseño para Sistemas de Protección activa a base de agua en condominios vertical. (Elaboración Propia).....	73
<b>Figura 3.2</b> Extracto ejemplo de Guía de Inspección, prueba y mantenimiento para sistema de protección activa a base de agua en condominios verticales. (Elaboración Propia).....	74



<b>Figura 3.3</b> Diseño del Sistema de Protección contra Incendios en condominio vertical. (Elaboración Propia) .....	75
<b>Figura 3.4</b> Curva de densidad/área (NFPA 13,2019). .....	77
<b>Figura 3.5</b> Distribución del área rematada en ultimo nivel apartamento más demandante (Fuente propia).....	96
<b>Figura 4.1</b> Condominio vertical fachada principal. (Elaboración propia) .....	106
<b>Figura 4.2</b> Condominio vertical fachada trasera.....	107
<b>Figura 4.3</b> Diagrama de flujo de diseño. (Elaboración propia) .....	114
<b>Figura 4.4</b> Isométrico del sistema de Protección contra Incendios. (Elaboración propia) .....	117
<b>Figura 4.5</b> Bomba Turbina vertical. (Armstrong).....	122

## Índice de tablas

<b>Tabla 2.1</b> Estadísticas fallecidos incendios en viviendas en España (APTB & Fundación MAPFRE, s.f). .....	33
<b>Tabla 2.2</b> Errores más comunes en la revisión de planos 2019 (Ingeniería de Bomberos, 2021) .....	36
<b>Tabla 2.3</b> Errores más comunes en la inspección de sitio 2019 (Ingeniería de Bomberos, 2021) .....	37
<b>Tabla 2.4</b> Identificación de las características de descarga de los rociadores (NFPA 13, 2019) .....	48
<b>Tabla 2.5</b> Rangos, clasificaciones y códigos de color de temperatura (NFPA 13, 2019)....	49
<b>Tabla 2.6</b> Norma de fabricación para tuberías subterráneas (NFPA 24, 2019) .....	62
<b>Tabla 2.7</b> Materiales y dimensiones de tubería y tubos para Instalación (NFPA 13, 2019). .....	63
<b>Tabla 2.8</b> Materiales y dimensiones de los accesorios (NFPA 13, 2019).....	65
<b>Tabla 3.1</b> Requisitos de asignación para mangueras y duración del suministro de agua para sistemas calculados hidráulicamente (NFPA 13,2019). .....	78
<b>Tabla 3.2</b> Tabla resumen criterios de diseño (Elaboración propia) .....	79
<b>Tabla 3.3</b> Distancias de recorrido para extintores riesgos clase A (NFPA 10, 2018).....	81
<b>Tabla 3.4</b> Tamaño y colocación de extintores para riesgos clase B (NFPA 10 ,2018).....	82
<b>Tabla 3.5</b> <b>Áreas máxima cobertura del rociador (Elaboración propia).</b> .....	85
<b>Tabla 3.6</b> Distancias utilizadas para distribución de rociadores (Elaboración propia).....	87
<b>Tabla 3.7</b> Distancias para riesgos ligeros (Elaboración propia). .....	88
<b>Tabla 3.8</b> Cédulas de tuberías para riesgo leve (NFPA 13, 2019).....	90
<b>Tabla 3.9</b> Distancias máximas entre soportes colgantes (m) (NFPA 13, 2019). .....	91
<b>Tabla 3.10</b> Resumen de distancias máximas entre soportes (Fuente propia). .....	93

<b>Tabla 3.11</b> Diámetros internos para tuberías según el material (Luis Flores, s.f). .....	98
<b>Tabla 3.12</b> Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula 40 (NFPA 13, 2019). .....	99
<b>Tabla 3.13</b> Multiplicador de valores C (NFPA 13, 2019). .....	99
<b>Tabla 4.1</b> Tabla dimensionamientos del tanque según el caudal. (Elaboración propia)....	109
<b>Tabla 4.2</b> Tabla de áreas según el caudal requerido. (Elaboración propia) .....	110
<b>Tabla 4.3</b> Diámetros óptimos. (Elaboración propia).....	118
<b>Tabla 4.4</b> Presión y caudal requeridos por el sistema de SPCI. (Elaboración propia) .....	118
<b>Tabla 4.5</b> Demanda hidráulica del sistema de tomas Clase I. (Elaboración propia) .....	119
<b>Tabla 4.6</b> Dimensiones del tanque. (Elaboración propia).....	120
<b>Tabla 4.7</b> Reserva de agua total del tanque. (Elaboración propia) .....	121
<b>Tabla 4.8</b> Datos del equipo de bombeo seleccionado. ....	121

## Simbología

$P_m$  es resistencia friccional (bar/m de tubería)

$Q_m$  el flujo en (L/min)

$Q$  flujo medido en (gpm)

$C$  es el coeficiente de pérdida por fricción (adimensional)

$\rho$  Densidad (mm/min)

$\rho$  Densidad (gpm/pie<sup>2</sup>)

$d_m$  es el diámetro interno real de la tubería (mm)

$P_v$  es la presión de la velocidad en (psi)

$P_n$  significa la presión nominal (bar)

$P_t$  es la presión total medida en (bar)

$P_v$  es la presión de velocidad medida en psi (bar)

$K_n$  es la  $K$  equivalente en un nodo (L/min/(bar)<sup>1/2</sup>)

## **Siglas y abreviaturas**

**ASTM** America Society for Testing and Materials

**BCBCR** Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica

**CFIA** Colegio de Federado de Ingenieros y Arquitectos

**CIEMI** Colegio de Ingenieros Eléctricos, Mecánicos e Industriales.

**EE.UU** Estados Unidos

**FUPROVI** La Fundación Promotora de Vivienda

**INS** Instituto Nacional de Seguros

**NFPA** National Fire Protection Association.

**OAL** overall pump lenght

**SDO** Organización de desarrollo de estándares

**SIA** Sede Interuniversitaria de Alajuela

**SPCI** Sistemas de Protección contra Incendios.

**UCR** Universidad de Costa Rica

## Resumen

Este proyecto se realizó con el fin de facilitar el diseño de sistemas de protección contra incendios (SPCI) a los profesionales en ingeniería mecánica, particularmente en los proyectos enfocados en protección activa a base de agua en condominios verticales, los cuales requieren de un análisis detallado de gran cantidad de normas, donde se presentan muchos detalles a considerar e información adicional a ellas.

Los sistemas de protección contra incendios en los edificios de condominios verticales deben tener como objetivo principal la seguridad, protección de los habitantes y la integridad estructural de los edificios, por lo que es importante considerar que, en Costa Rica, más del 50% de los incendios en los últimos años se presentan en estructuras clasificadas como “Residencial”.

Además, en el país no se cuenta con un registro o estadísticas del funcionamiento de los rociadores, entre tanto en Estados Unidos de América, el 88% de los sistemas son efectivos mientras que el 12% fallan. De los fallos, el 59% se debe a sistemas apagados, por lo que contar con un mantenimiento de estos sistemas es un pilar de la protección.

Para resolver estas problemáticas se elaboró una guía de diseño, inspección, y mantenimiento donde se incluyó los aspectos más relevantes requeridos en las normas NFPA 10, 13, 14, 20, 24 y 25 en cuanto a diseño, distribución y selección del tipo de rociadores, tuberías y mangueras, componentes como válvulas, sistemas de bombeo, soportería antisísmica y cálculos hidráulicos entre otros.

Este documento es una herramienta que permite orientar a los profesionales en diversas áreas, que desean conocer sobre las normativas, e incluye información que permite minimizar los errores que con mayor frecuencia se presentan en los planos de construcción, y son devueltos en las revisiones que realiza Ingeniería de Bomberos de Costa Rica.

Además, contribuye a que se implementen programas de inspección y mantenimiento por parte de los propietarios, ya que incluye rutinas de inspección y mantenimiento recomendadas para ser utilizadas una vez concluida la instalación.

## **Abstract**

This project was carried out in order to facilitate the design of fire protection systems (SPCI) for professionals in mechanical engineering, particularly in projects focused on water-based active protection in vertical condominiums, which require a detailed analysis. of a large number of standards, where many details to consider and additional information are presented.

Fire protection systems in vertical condominium buildings must have as their main objective the security, protection of the inhabitants and the structural integrity of the buildings, so it is important to consider that, in Costa Rica, more than 50% of the Fires in recent years have occurred in structures classified as "Residential".

In addition, the country does not have a record or statistics on the operation of sprinklers, while in the United States of America, 88% of the systems are effective while 12% fail. Of the failures, 59% are due to shutdown systems, so having these systems maintained is a pillar of protection.

In order to solve these problems, a design, inspection and maintenance guide was prepared, which included the most relevant aspects required in the NFPA 10, 13, 14, 20, 24 and 25 standards in terms of design, distribution and selection of the type of sprinklers. pipes and hoses, components such as valves, pumping systems, anti-seismic support and hydraulic calculations among others.

This document is a tool that allows to guide professionals in various areas, who want to know about the regulations, and includes information that allows minimizing the errors that most frequently appear in construction plans and are returned in the reviews that are carried out. Fire Engineering of Costa Rica.

Also, help owners implement inspection and maintenance programs by including recommended inspection and maintenance routines to use after installation is complete.

# CAPÍTULO 1

## 1. Introducción

### 1.1. Descripción General

En este documento se va a elaborar una guía de diseño, prueba y mantenimiento de sistemas de protección activa a base de agua con el fin de ayudar a los profesionales de ingeniería mecánica a realizar este tipo de diseños en condominios verticales.

Este proyecto nació debido al crecimiento que han tenido este tipo de construcciones, la gran cantidad de proyectos que están en proceso, la cantidad de devoluciones por parte de BCBCR lo que genera importancia de realizar o tener un mantenimiento completo en los sistemas, para que logre funcionar en un incendio y cumpla con las normativas utilizadas en el país.

Se va a realizar por medio de un análisis de las normativas NFPA de mayor interés como lo son los estándares NFPA 10, NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20, NFPA 24 y NFPA 25 que permitan obtener la información necesaria para desarrollar un diseño que va de la mano con un plan de mantenimiento preventivo, teniendo como resultado la guía que, a diferencia de una norma o un documento estándar, brinda la facilidad de saber cuándo y cómo aplicar la información necesaria.

### 1.2. Modalidad del trabajo final de graduación

La modalidad que se va a implementar para este trabajo es el proyecto de graduación debido que la finalidad de la guía es de carácter teórico práctico, ya que busca la solución a la problemática de la gran cantidad de incendios que se presentan a nivel nacional por falta de SPCI. Además, de la devolución de planos por parte de Ingeniería de Bomberos y la falta de mantenimiento adecuado de los SPCI en condominios verticales.



### **1.3. Justificación**

Los condominios verticales o también conocidos como torres de apartamentos han llegado a ser una tendencia en el consumo de búsqueda de vivienda por parte de la población costarricense y según el Ministerio de Relaciones Exteriores, esta tendencia en el mercado.

Se asocia con la posibilidad de estar más cerca de la ciudad, del trabajo, de evitar el desplazamiento y disminuir la congestión vial, así como con un mejor uso del área constructiva. Cada vez son más frecuentes los proyectos residenciales en vertical los cuales se han convertido en una opción muy buscada por las familias costarricenses principalmente en parejas jóvenes ( p. 2).

Ingeniería de Bomberos es la institución encargada de la revisión de planos constructivos, estas revisiones generan devoluciones que requieren enmiendas, por diversos incumplimientos normativos, pues según la información facilitada por Bomberos, en el año 2019 se tramitaron un total de 522 proyectos que requieren o incluyen sistema de rociadores automáticos, de los cuales 68 corresponden a proyectos de ocupación residencial, específicamente condominios verticales o edificios de apartamentos, y 35 se rechazaron por inconvenientes en el diseño del sistema de rociadores en la primera revisión (Leiva, 2021).

Además, en el aspecto de proyectos se encargan del control por medio de inspección de sistemas fijo contra incendios para cumplir lo que indica el artículo 14 de LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPÚBLICA DE COSTA RICA, 2008, y de la de investigación de incendios donde se indican que en la categoría residencial es donde se presentan más del 50% de incendios a nivel nacional, y los condominios verticales entran en esta categoría.

Dentro de los requisitos de los diseños de los SPCI para condominios verticales, Ingeniería de Bomberos no solicita un programa de inspección y mantenimiento para estos, solo solicita y revisa los planos de diseño. Esto ha generado que quede a criterio de los profesionales que diseñan si se incluyen o no los programas mencionados y a los propietarios del inmueble si lo implementan para lograr mantener el sistema en las mejores condiciones una vez construido el edificio.

Sobre las inspecciones de campo, Bomberos indicó que en el año 2020 “se inspeccionaron 10 condominios residenciales de altura (todos edificios nuevos). Con respecto a los sistemas de rociadores se detectó: 2 se encontraban en cumplimiento, 2 contaban con incumplimientos leves y 6 contaban con incumplimientos graves” (Leiva, 2021). Lo que nos indica que el 80% de las inspecciones realizadas por bomberos no cumplen con las normativas.

La Sede Interuniversitaria de Alajuela (SIUA) forma profesionales en la carrera de Licenciatura de Ingeniería Mecánica con énfasis en protección contra incendios desde 2007, pero estos ingenieros no son los únicos autorizados por parte del Colegio de Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) para realizar este tipo de diseños, sino que cualquier profesional graduado con la capacidad adecuada está facultado para dicho fin.

Como base del diseño de un SPCI, se requiere por parte del o los profesionales responsables, una revisión meticulosa y un análisis de las normas de la NFPA por utilizar para determinar qué secciones aplican y cuáles no, a cada tipo particular de edificación.

Por todas estas razones, se pretende elaborar una guía de diseño, inspección y mantenimiento para sistemas de protección activa a base de agua en condominios verticales, la cual tendrá un alcance basado en el análisis y la aplicación de las normas NFPA, dentro de la categoría residencial.

Esta guía servirá de apoyo y consulta para los profesionales en este campo, ya que considerará los aspectos requeridos por la normativa vigente para realizar un diseño de SPCI en condominios verticales, adicionando información de tipo práctico que no se incluyen en las normas, sino que se adquiere con la experiencia, también ayudará a mitigar los errores más comunes que se presentan en los diseños de SPCI y en los programas de inspección y mantenimiento de estos, que son la causa de que muchos planos de diseños sean rechazados o se les solicite algunas enmiendas.

Se incluirá a manera de ejemplo, un diseño en un modelo de SPCI para un condominio de gran altura, aplicando la información contenida en la guía. Este documento podrá ser consultado por diseñadores encargados de realizar un diseño semejante en este tipo particular de edificación y les brindará un conjunto de herramientas que les ayuden y guíen durante el proceso, ya que aclarará aspectos muy importantes que establece la normativa.

Se incluirá además un ejemplo de un programa de inspección y mantenimiento para el modelo de diseño presentado, con el fin de concientizar a los propietarios del inmueble, sobre la importancia de la implementación de estos programas mencionados, una vez que comiencen a ser habitados.

Un correcto diseño y un plan de mantenimiento adecuado son fundamentales para que el SPCI responda de manera adecuada ante una emergencia.

## **1.4. Objetivos**

En esta sección se detallan el objetivo general y los objetivos específicos que se cumplieron en el desarrollo del trabajo.

### **1.4.1. Objetivo General**

Elaborar una guía de diseño, inspección y mantenimiento del sistema de protección activa contra incendios a base de agua para condominios verticales, utilizando como fundamento las normas NFPA 10, NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20, NFPA 24 y NFPA 25 que sea utilizada para consulta de parte de los profesionales responsables de realizar este tipo de diseños y que ayude a salvaguardar las vidas en este tipo de edificaciones en caso de incendio.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Finiquitar las normas, y demás requisitos necesarios para el diseño, inspección y mantenimiento de sistemas contra incendios, mediante un estudio minucioso de la normativa nacional y de la NFPA.
- b) Determinar las causas más frecuentes de incumplimiento en los diseños de SPCI y que son motivo de observaciones en la revisión de planos de construcción por parte del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica por medio de la investigación.
- c) Indicar las fallas en los programas de mantenimiento de los SPCI, mediante un análisis de las causas obtenidas con entrevistas y consultas de documentación a nivel nacional e internacional.
- d) Establecer el procedimiento necesario para realizar adecuadamente un diseño y un programa de inspección y mantenimiento de SPCI en condominios verticales, basado en las normativas vigentes e información general y de tipo práctico no mencionado en ellas.
- e) Elaborar un diseño de un SPCI en un edificio modelo de condominio vertical de gran altura, utilizando la guía previamente diseñada y que sirva de ejemplo práctico de esta.

- f) Proponer una guía de inspección y mantenimiento de un SPCI, que sirva de recomendación a profesionales y propietarios considerando rutinas de inspecciones periódicas.

## **1.5. Metodología general recursos**

En este proyecto se va a elaborar una guía de diseño, inspección y mantenimiento para sistemas de protección activa en condominios verticales, debido a su crecimiento exponencial, y se utilizarán como documentos de guía o referencia las normas NFPA 10, 13, 14, 25, 20, 24, 101 y Reglamento Nacional de Protección contra Incendios.

El proyecto se enfocará en ayudar al profesional en el desarrollo de diseños enfocados en condominios, los pasos para realizar las dos guías y el diseño completo del sistema se procederá a dividir en dos bloques, cada uno con un conjunto de pasos.

### **Primer bloque**

Paso 1. Investigación de los tipos de condominios existentes, su ubicación y tipos de diseños más comunes, además de las fuentes bibliográficas que se van a utilizar para el desarrollo de este, así como las normas existentes.

Paso 2. Determinación de los criterios o conceptos importantes en la protección contra incendios para estructuras como condominios verticales; por ejemplo, el tipo de riesgo, tipo de rociador, certificado de propietario, entre otros.

Paso 3. Determinación de los criterios que se consideran como excepciones en el diseño según NFPA 13.

Paso 4. Definir los criterios de la distribución de los extintores en el edificio según NFPA 10.

Paso 5. Investigación de la información por medio el Cuerpo de Bomberos de los errores más comunes en los diseños que son llevados a revisión.

Paso 6. Elaboración de la guía de diseño, enfocada en el paso a paso para el proceso del diseño con la información recopilada de las diferentes NFPA.

Paso 7. Elaboración de un ejemplo de diseño en tres dimensiones de condominios verticales de gran altura, implementando la guía.

Paso 8. Elaboración de la memoria de cálculo hidráulico del diseño elaborado.

Paso 9. Realizar la selección del sistema de bombeo contra incendios, componentes, diámetros de tuberías, entre otros.

Paso 10. Selección de la soportería antisísmica.

Paso 11. Determinar el dimensionamiento adecuado del tanque de almacenamiento de agua, según el caudal requerido.

Paso 12. Elaboración de un diagrama de flujo del paso a paso del diseño con excepciones identificadas en la ubicación de rociadores más comunes de las normas.

## **Segundo bloque**

Paso 13. Elaboración de una tabla de selección del dimensionamiento del tanque, según el caudal obtenido para diferentes opciones con sus respectivas demandas, según cada diseño.

Paso 14. Elaboración de tabla que indique diferentes áreas de casa de máquinas, según el sistema por instalar considerando diferentes caudales o demandas.

Paso 15. Determinación de aspectos de mayor importancia para ser incluidos en la sección de mantenimiento de la guía.

Paso 16. Realización de las listas de chequeo según los requerimientos de NFPA 25.

Paso 17. Realización de la Guía de mantenimiento, inspección y pruebas, implementando la información recopilada y de NFPA 25.

Paso 18. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo del sistema de protección activa contra incendios.

Paso 19. Redacción del documento final del Proyecto de Graduación y preparación de la presentación para la defensa final.

Paso 20. Presentación del Proyecto.

## **1.6. Aportaciones y productos esperados**

En el proyecto se elaboró una Guía de diseño, inspección y mantenimiento para sistema de rociadores en condominios verticales o torres de apartamentos, se investigará sobre errores comunes y cómo se pueden disminuir a la hora de realizar una propuesta de diseño ante el Benemérito Cuerpo de Bomberos, con el objetivo de retroalimentar la Guía.

Con la información recopilada se realizó un documento el cual se busca que facilite a los profesionales la elaboración de diseños de protección contra incendios basados en rociadores, así como brindar una guía a las personas con poco conocimiento de las normas sobre los requerimientos de mantenimiento que se debe contemplar en estructuras ya construidas, y así poder velar por la seguridad de las personas y de la inversión inicial que requiere instalar un Sistema de Protección contra Incendios.

A continuación, se muestra los productos:

- Diseño del modelo arquitectónico en 3D del condominio vertical elaborado implementado el software Revit.
- Distribución de extintores y de tomas clase I en todos los niveles del condominio.
- Distribución y selección de rociadores según el diseño arquitectónico de los cielos contemplando obstrucciones.
- Distribución de tuberías, accesorios y soportería según el tipo de cedula seleccionada en cada tubería en la primera iteración.
- Elaboración de la hoja de cálculo hidráulico elaborada en Excel.
- Calculo hidráulico de sistema de rociadores con los valores de presión y caudal requeridos por el sistema.
- Calculo hidráulico para el sistema de tomas clase I, Selección de diámetros óptimos.
- Selección del equipo de bombeo según los requerimientos del sistema y cálculo de ventilación del equipo de bombeo.
- Cálculo de soportería sísmica.
- Isométrico del sistema de Protección contra incendios realizado en Autosprink.
- Distribución de casa de máquinas, dimensionamiento del tanque de agua y cárcamo
- Tabla con diferentes dimensiones sobre la reserva de agua, según el caudal necesario.



- Tabla que indique diferentes áreas de casa de máquinas según el sistema por instalar considerando diferentes caudales o demandas.
- Diagrama(s) de flujo del procedimiento o los pasos de diseño con excepciones de diseño.
- Guía de diseño para sistemas de protección activa a base de agua contra incendios en condominios verticales.
- Guía de inspección, prueba y mantenimiento para los sistemas PCI existentes en condominios.
- Listas de comprobación para la implementación de inspección, pruebas y mantenimiento según periodicidad por parte del propietario.
- Elaboración de planos con el respectivo diseño completo del sistema PCI.

### **1.6.1. Limitaciones**

Este documento se desarrolló la protección activa a base de agua en un condominio vertical, por medio de un sistema fijo que funciona con agua, dentro de los temas de gran importancia para SPCI que no se abarcaron en este documento se destacan la instalación de los componentes del sistema activo, el diseño de detección y alarma, elementos de protección pasiva, obra civil y cálculo de grosor de losa para tanque del sistema.

Se considerará que la edificación cuenta con un diseño estructural y eléctrico adecuado para la instalación y el funcionamiento de todos los dispositivos, y que aspectos tales como el suministro de agua y de electricidad son adecuados según los requerimientos de reglamentación.

Además, la elaboración de las guías se basaron en la información brindada por los estándares NFPA 10 versión (2018), NFPA 13 versión (2019), NFPA 14 versión (2019), NFPA 20 versión (2019), NFPA 24 versión (2019) y NFPA 25 versión (2020), las cuales eran las vigentes al momento del arranque del proyecto en español.

### **1.7. Comité asesor y terceras partes interesadas**

El comité asesor está conformado por dos profesores Ingenieros Mecánicos de la Universidad de Costa Rica y un Ingeniero Mecánico con énfasis en Protección contra Incendios de la Universidad de Costa Rica, el cual labora en el área de mantenimiento de la empresa Salvavidas.

**Director:** *M.Sc. Luis Andrés Flores Quirós*

*Escuela de Ingeniería Mecánica, UCR (Sede Rodrigo Facio).*

**Asesor:** *Lic. Manuel Corella Vargas*

*Escuela de Ingeniería Mecánica, UCR (Sede Rodrigo Facio).*

**Asesor:** *Lic. Allan Sánchez Escobar*

*Área de Mantenimiento en Salvavidas*

# CAPÍTULO 2

## 2. Marco Teórico

En este capítulo se mencionó diferentes conceptos importantes para entender más a fondo el desarrollo de este, especialmente enfocado en el énfasis de sistemas de protección contra incendios como tipos de rociadores, diseños, factores considerados en el caudal y presión, tipos de soportería, bombas, entre otros componentes. Además de ecuaciones para comprender los cálculos requeridos y otros conceptos que permiten inferir la importancia de un diseño de SPCI y su respectivo plan de mantenimiento.

### 2.1. Crecimiento en la construcción de condominios verticales

La Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI) (organización que apoya a las familias de menores ingresos), indica que “la cantidad de construcciones tipo apartamentos y condominios ha venido creciendo de manera sostenida en los últimos años, con la excepción del 2013” (FUPROVI, 2015, p. 30).

En el estudio sobre mercado de construcciones verticales en Costa Rica elaborado por ProChile Ministerio de Relaciones Exteriores (2018) menciona:

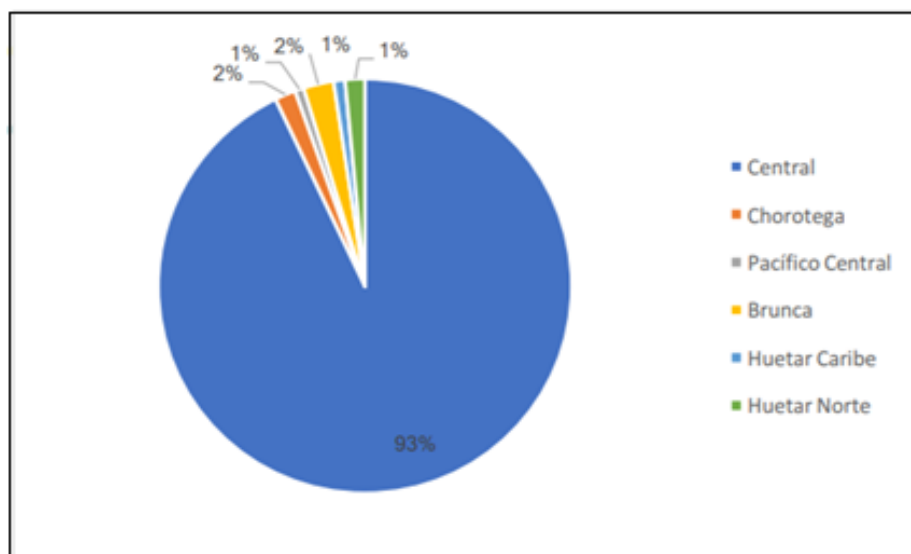
Las tendencias en construcción y desarrollo inmobiliario actual en el mercado de Costa Rica apuestan por edificaciones en vertical que pretenden solucionar las necesidades de oficinas y apartamentos en las ciudades; donde la demanda por espacio es importante, pero ya no hay cabida para la construcción horizontal. (p. 2).

Los condominios verticales están generando en Costa Rica un gran cambio en el estilo de vida “Lo que se está viviendo en Costa Rica es solo el principio y la transición hacia una ciudad con mejores condiciones urbanas, más compacta, sostenible, eficiente y con mejores condiciones para todos” (ProChile Costa Rica, 2018, p. 2).

Por lo que tales condominios se están convirtiendo en un auge y gran cantidad de personas optan por estos lugares. “La moda de vivir en vertical en Costa Rica se asocia con la

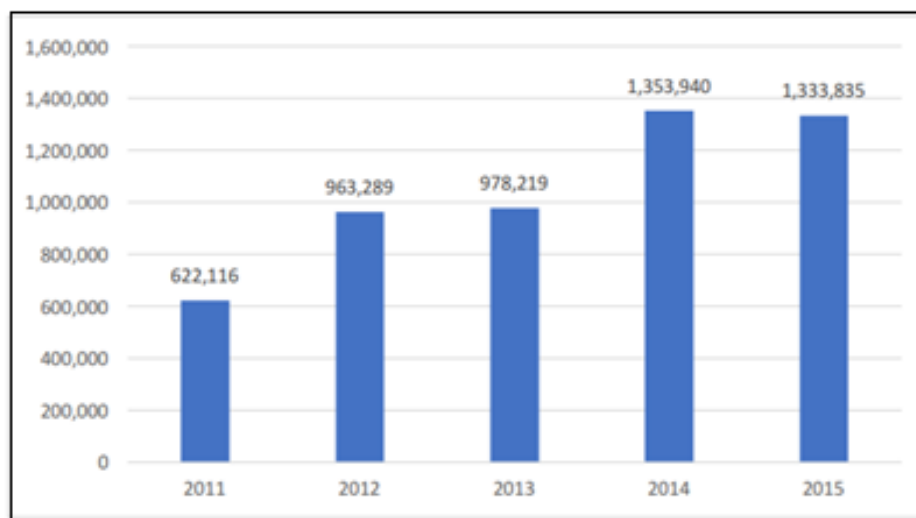
posibilidad de estar más cerca de la ciudad, del trabajo, de evitar el desplazamiento y disminuir la congestión vial” (ProChile Costa Rica, 2018, p. 2).

En la Figura 2.1 se puede observar un gráfico donde se indica, que el area donde se presenta mayor cantidad de condominios verticales es en la zona central con un 93%.



**Figura 2.1** Ubicación de condominios verticales en Costa Rica. (INEC, s.f)

En la figura 2.2 se observa que a partir del año 2014 incremente el area de contrucción para condominios verticales, continuando con la tendencia del aumento de los mismos.



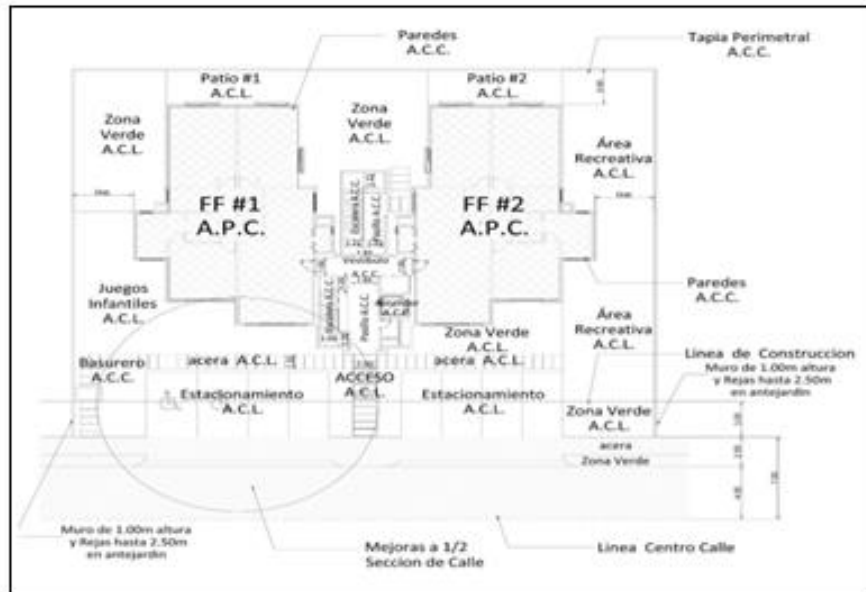
**Figura 2.2** Evolución de área de Construcción para condominios verticales. (CFIA, s.f)

En la figura 2.3 se indica que en noviembre del 2018 se publicó una lista de lugares donde se generaron nuevas ofertas para proyectos residenciales para el año 2019, tanto horizontales como verticales, esto nos indica que actualmente existen gran cantidad de edificios construidos y que se proyecta un crecimiento exponencial.

NUEVA OFERTA	
Unos 16 proyectos residenciales están próximos a iniciar construcción.	
Horizontal	Vertical
Condominio La Hacienda, El Guarco	Tri-o, El Carmen, San José
Condominio Vitali, Montes de Oca	Torre Amón, San José
Brisas del Bosque Cipreses, Curridabat	Secrt Sabana, Mata Redonda
Condominio Bosques de Altamonte, Granadilla	Condominio Almendares, San Sebastián
Residencial Rialto, Montes de Oca	Torres Monterrey, Hatillo
Condominio Condado Concepción, La Unión	Azenza Tower, la Uruca
Condominio Terralta, La Unión	Capital Flats, la Uruca
Condominio Nobleza de Coris, El Guarco	Edificio Amatista, Guadalupe

**Figura 2.3** Nueva Oferta de condominios verticales. (Colliers, s.f)

Además en la figura 2.4 se puede observar una distribución arquitectónica de ejemplo de un condominio vertical, la cual cuenta con una distribución típica de dos apartamentos y una distribución de las áreas comunes.



**Figura 2.4** Plano condominios vertical. (Consultoría en condominios, 2017)

## **2.2. Definiciones según el Benemérito Cuerpo de Bomberos**

Según el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios versión 2020, se define el concepto de apartamentos de gran altura de acuerdo con la NFPA 101 como “Edificio donde el piso de una planta ocupable se encuentra a más de 75 pies (23 m) por encima del nivel más bajo de acceso de los vehículos del cuerpo de bomberos” (NFPA 101, 2018, p.31).

El artículo 16 – Equipos de detección de incendios, de la Ley 8228 del BCBCR – (2002), indica que:

Los edificios, las instalaciones, las obras civiles, las plantas industriales y los proyectos urbanísticos deberán contar con sistemas fijos y portátiles de detección contra incendios. Asimismo, contendrán los medios de evacuación y otros de protección pasiva y activa, de acuerdo con la normalización técnica y el Reglamento de la presente Ley. (p. 7).

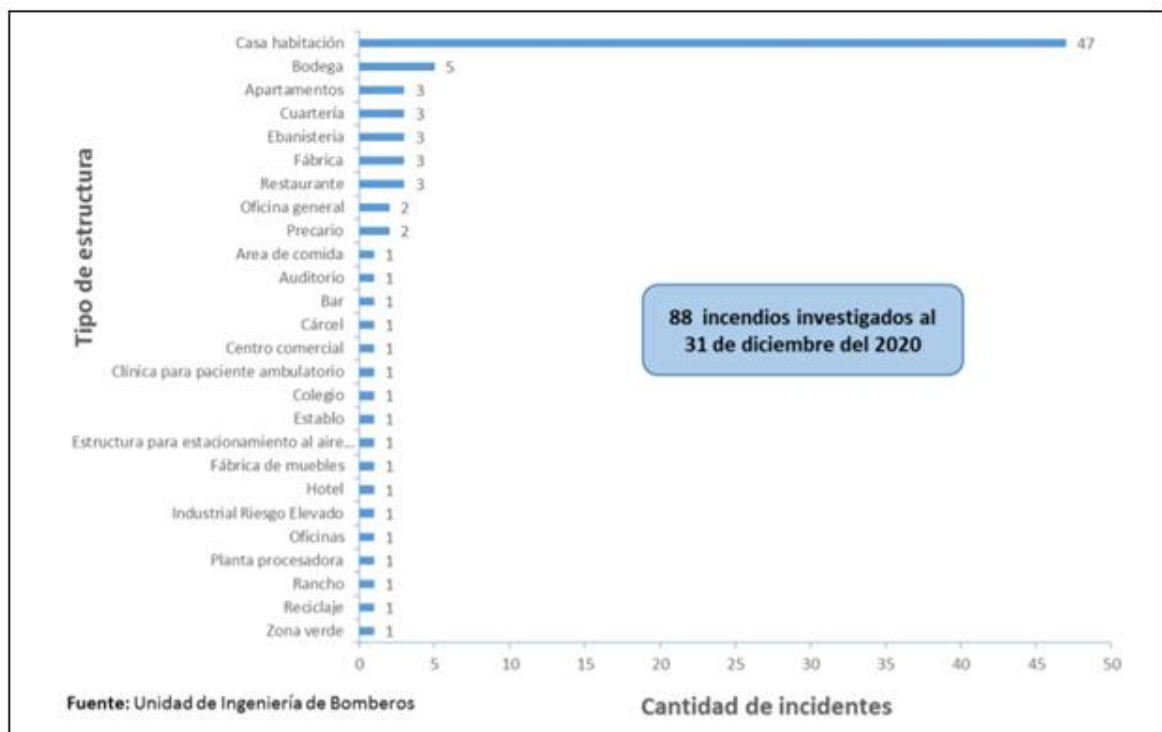
Las metas y objetivos establecidos por Bomberos de Costa Rica en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios indican que, “Una estructura debe ser diseñada, construida y mantenida para proteger a los ocupantes que no están relacionados con los sitios de desarrollo inicial del fuego, durante el tiempo necesario para ser movilizados o evacuados a un lugar seguro.” (Bomberos de Costa Rica, 2020, p. 15).

Además, “Los sistemas utilizados deben ser efectivos para mitigar el riesgo, deben ser confiables, mantenerse en el nivel óptimo de diseño para la operación y permanecer en funcionamiento durante la afectación por un incendio u otra situación de emergencia.” (Bomberos de Costa Rica, 2020, p. 15).

### 2.3. Estadísticas de incendios en proyectos habitacionales

Según el reporte de incendios investigados del 01 de enero al 31 de diciembre del 2020, realizado por la Unidad de Ingeniería de Bomberos de Costa Rica, de 88 incendios investigados, 47 corresponden a casas de habitación y 3 a apartamentos, como se observa en la figura 2.5. Es decir que del total de incendios reportados ese año, el 56.82 % de los incendios reportados correspondían únicamente a residencial en el 2020.

La clasificación de “Residencial” se define como “Ocupación que provee comodidades para dormir con fines diferentes que los de cuidado de la salud o los de detección y correccional” (NFPA 101, 2018, p.54).



**Figura 2.5** Incendios estructurales clasificados por tipo de estructura (Unidad de Ingeniería Bomberos de Costa Rica, 2020).



A nivel internacional, se presenta un comportamiento vasto en la mortalidad en España en viviendas en los últimos años, según el análisis realizado por La Asociación de Técnicos Profesionales de Bomberos y la Fundación Mapfre desde el 2010, la zona de las viviendas donde suceden los incendios predominan sala, dormitorio y cocina.

Además, en la tabla 2.1 se puede observar la cantidad de víctimas mortales en viviendas por año, tomando como medida 165 fallecidos al año por incendios. Anualmente se producen 17,000 incendios en viviendas y el 70% de los fallecidos son en esta categoría.

**Tabla 2.1** Estadísticas fallecidos incendios en viviendas en España (APTB & Fundación MAPFRE, s.f).

Año	Víctimas mortales en vivienda	Variación %	Índice por millón de habitantes	Porcentaje respecto al total de víctimas
2010	135		2,86	70%
2011	114	-16%	2,41	66%
2012	86	-25%	1,82	51%
2013	94	9%	2,01	71%
2014	130	38%	2,8	80%
2015	110	-15%	2,36	77%
2016	133	21%	2,86	76%
2017	144	8%	3,08	68%
2018	96	-33%	2,05	78%
2019	125	30%	2,66	76%
2020	119	-5%	2,51	73%
2021	152	22%	3,21	75%

Estadísticas fallecidos incendios en vivienda en España. APTB y Mapfre

*Nota:* Tomada de APTB Y Mapfre (s.f)

En la figura 2.6, se presenta una gráfica con datos basados en las estadísticas realizadas por Ingeniería de Bomberos del año 2011 hasta el 2020, en el cual se indica que la ocupación residencial presenta mayor porcentaje de incendios en todos los años, la mayoría con porcentajes mayores al 50% de los incendios estudiados en el país.

A partir de 2019, la clasificación varía a “casa de habitación” con 62 incendios y “apartamentos” 5 de un total de 128 incendios.

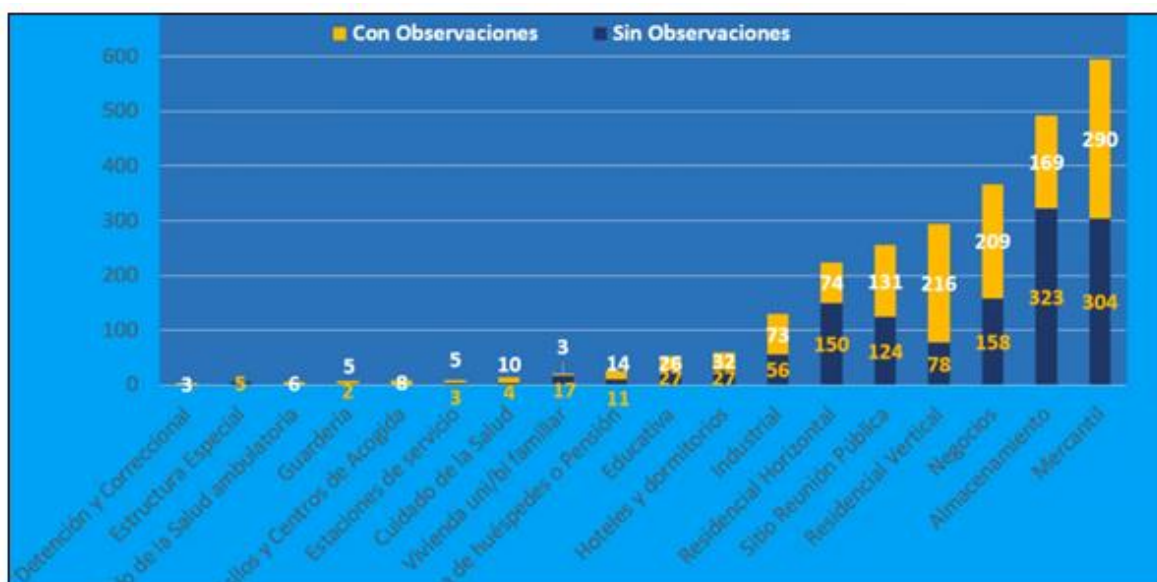


**Figura 2.6** Incendios en estructura clasificada como Residencial (Fuente propia).

## 2.4. Revisiones de los planos y observaciones en diseños

En la figura 2.7 sobre proyectos revisados por ocupación por parte de Ingeniería de Bomberos de enero del 2021 a julio 2021, se puede observar que la ocupación de residencial vertical es la cuarta ocupación por cantidad de proyectos.

Además, es la categoría donde se presentaron mayor porcentaje de observaciones en los planos y solo el 26% de los planos son aceptados sin observaciones.



**Figura 2.7** Proyectos revisados por ocupación y según estatus de enero 2021 hasta julio 2021 (Unidad de Ingeniería de Bomberos, 2021).

En la tabla 2.2 se presenta la información brindada por parte de Ingeniería de Bomberos donde se observa la frecuencia de las observaciones más comunes que se presentan en la revisión de planos para los edificios de condominios verticales.

Se recalca que la observación más común es la cobertura incompleta de los rociadores, seguido de la omisión de diseño para áreas privadas pues se diseñan solo áreas comunes.

**Tabla 2.2** Errores más comunes en la revisión de planos 2019 (Ingeniería de Bomberos, 2021)

<b>Errores más comunes en a revisión de planos</b>	
<b>Tipo de error</b>	<b>Frecuencia</b>
Cobertura incompleta	12
Se diseña solo para áreas comunes, pero se omite en áreas privadas	10
El tipo de rociador no corresponde (colgantes / pared)	8
Simbología y características no corresponden	7
Mal acceso a casa de máquinas	7
Falta de soportería sismo resistente	6
Temperatura de activación en casa de máquinas incorrecta	5
Omisión de rociadores en cuarto de baño de más de 5,1 m <sup>2</sup>	5
Falta de rociadores en elevadores o ductos de basura	4
Sistema de inyección de aire en casa de máquinas (Motor Diésel)	3
Sistema de Extracción de aire en casa de máquinas (Motor Diésel)	3
Obstrucciones por cielos tipo nube, tuberías o ductos de A/C, iluminarias	2
Ubicación de las válvulas de control de piso	1
Criterios de protección en memoria de cálculo	1
Áreas de diseño menores que 140 m <sup>2</sup> y no se presenta justificación	1

*Nota:* Tomada de Unidad de Ingeniería de Bomberos (2021).

## 2.5. Observaciones en Inspección de sitio

En la tabla 2.3 se indican las observaciones más comunes presentes en las inspecciones de sitio, donde se puede observar que hay gran variedad de observaciones en sistemas ya instalados que se pueden presentar por falta de mantenimiento o una instalación incorrecta.

En estas figuras se puede determinar la importancia de una inspección adecuada durante el proceso de construcción y un plan de mantenimiento respectivo.

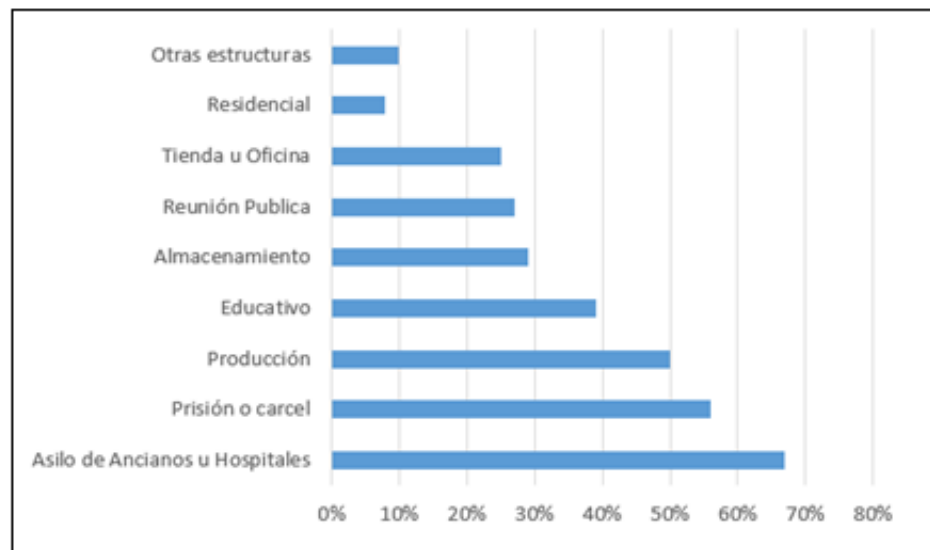
**Tabla 2.3** Errores más comunes en la inspección de sitio 2019 (Ingeniería de Bomberos, 2021)

Errores más comunes en la inspección en sitio	
Tipo de error	Frecuencia
Rociadores pintados con pintura diferente a la del fabricante	11
Acceso a casa de máquinas / modificación con respecto a planos	7
Rociadores golpeados en su deflector	6
Rociadores con su eje vertical desviado	6
Rociadores obstruidos (afectación del patrón por elementos estructurales)	6
Modificación en el diseño por cambios en sitio	5
Faltante de Instalación de rociadores dentro de vertederos de basura	5
No se cumplen las excepciones a cabalidad (cuartos eléctricos)	5
Rociadores con su deflector mal orientado	4
Rociador inadecuado en cada de máquinas	4
Tuberías de los ramales en PVC expuestas (blaze master)	3
No se inyecta aire fresco desde el exterior de casa de máquinas	3
No se extrae el aire de casa de máquinas hasta el exterior	3
Rociadores con separación entre sí menor a la mínima establecida por la normativa	3
Falta de soportería antisísmica	3
Incorrecta colocación del sensor de flujo con respecto al tubo de prueba	2
Faltante de rociador en el descanso más alto del cerramiento de escaleras	2
Faltante de rociador en el descanso más bajo del cerramiento de escaleras	2
Falta de acoples flexibles donde se requieran	2
Instalación incorrecta: separación con el cielo	1
Mala instalación de rociadores de pared	1
Faltante de rociadores de repuesto en sitio	1
Rociadores con cobertores plásticos instalados	1

*Nota:* Tomada de Unidad de ingeniería de Bomberos (2021).

## 2.6. Información internacional sobre la importancia de los rociadores y su mantenimiento

Según Ahrens (2021) en el informe Experiencia con rociadores de EE.UU, la mayoría de los incendios y muertes ocurren en propiedades residenciales, especialmente en casas, pero solo el 8% de los reportes de fuegos fueron en viviendas que contaban con rociadores, tal como se puede observar en la figura 2.8, Presencia de rociadores en reportes de fuego según su ocupación. (Ahrens, 2017)

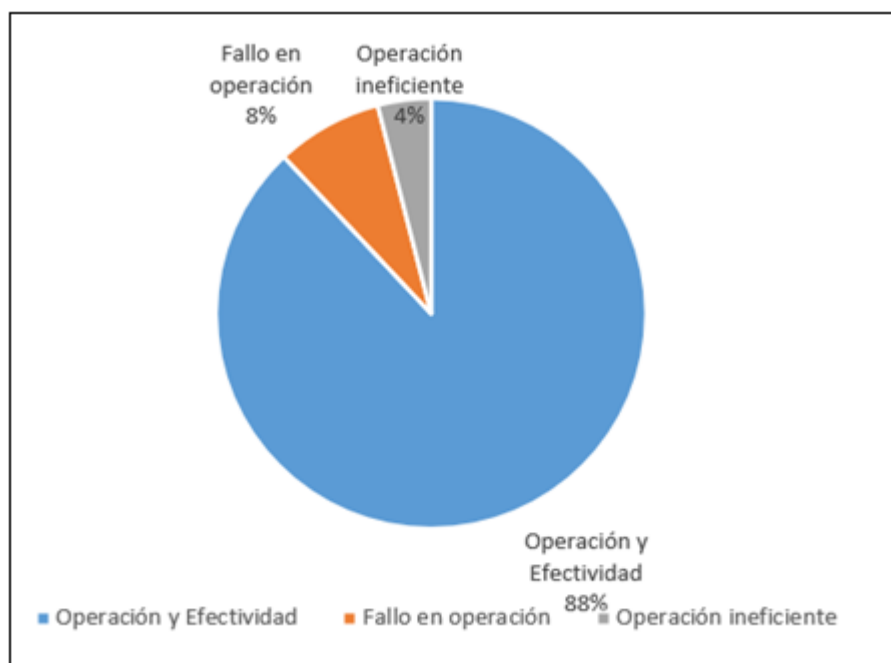


**Figura 2.8** Presencia de rociadores en reportes de fuego según su ocupación (Ahrens, 2017)

En la figura 2.9, Operación y efectividad de los rociadores (Sprinkler operation and effectiveness.), se puede observar el porcentaje de efectividad del funcionamiento de los rociadores para controlar el fuego.

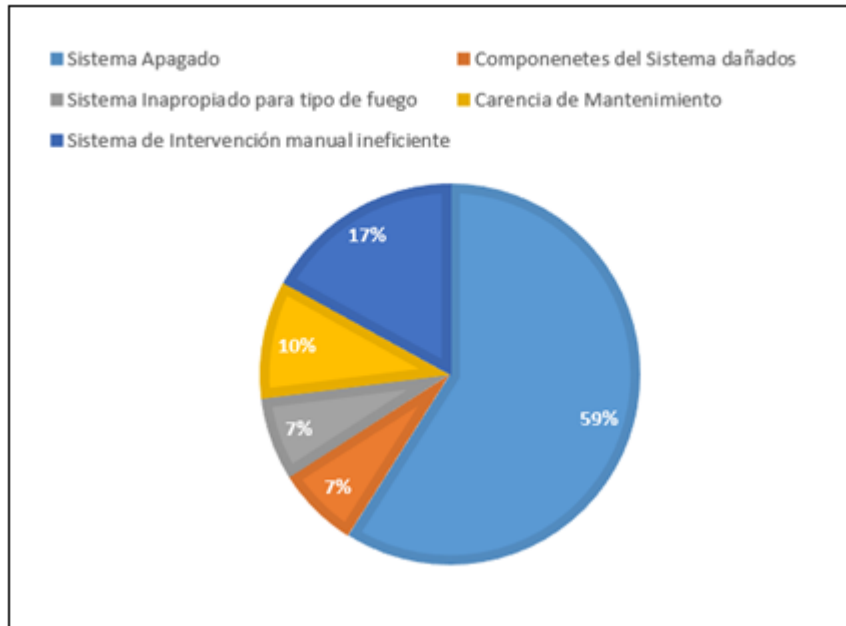
Según los datos, en Estados Unidos es de 88%, con un 8% que presentó por fallos en la operación como sistemas apagados, componentes dañados, fallo en el mantenimiento o sistemas inapropiados para el tipo de fuego como se observa en la figura 2.10 y un 4% con

operación ineficiente, lo que significa que el agua no fue suficiente para el fuego presente, por lo que el 12% de la operación de los rociadores falló por operación o ineficiencia del sistema lo que se podría reducir con un correcto, continuo y adecuado diseño, mantenimiento e inspección. (Ahrens, 2017)



**Figura 2.9** Operación y efectividad de los rociadores (Ahrens, 2017)

En la figura 2.10, Razón de las fallas de los rociadores, entre el 2010 y el 2014 se genera incompetencia de los sistemas debido a que la mayoría de los fallos (un 59%) se presentan por sistemas apagados, solo el 10% se da por falta de mantenimiento, 17% por una inadecuada intervención manual del sistema y 7% debido a componentes dañados del sistema.



**Figura 2.10** Razón de las fallas de los rociadores del 2010 al 2014 (Ahrens, 2017)

De esta información, se puede determinar que un sistema con adecuado mantenimiento y revisión podría reducir el porcentaje en fallos y su ineffectividad por componentes dañados, sistemas apagados, falta de mantenimiento entre otros, por lo que es importante crear conciencia para las personas encargadas o administradoras del mantenimiento de los sistemas los edificios, e inclusive los dueños de los condominios, que puedan realizar las inspecciones adecuadas, con el fin de lograr el correcto funcionamiento de los sistemas y de esta manera velar por la vida humana.



## 2.7. Normativas NFPA

Fernando Anchundia V et al. (s.f) indica que

Un sistema contra incendio está conformado principalmente por las fuentes de abastecimiento, estación de bombeo, líneas de distribución, equipos de detección de humo o fuego y los elementos de supresión. Diseñadas para controlar el fuego y en algunas ocupaciones detenerlo, en caso de hacerlo debe actuar de tal manera que proteja a las personas y las instalaciones. (p.2)

Como se mencionó en el párrafo anterior, un diseño de SPCI conlleva muchos factores que se deben considerar por lo que se requiere el estudio y aplicación de varias normas que permitan realizar el diseño completo, tales como las normativas NFPA las cuales establecen los requerimientos mínimos del diseño, dentro de las requeridas están NFPA 10, 14, 20, 24, 25 como se mencionarán más adelante.

Además, las normativas NFPA tienen dos definiciones relevantes como lo es listado y aprobado. Listado se define “como un elemento que ha sido probado y evaluado por una entidad diferente al fabricante que significa que ese elemento o dispositivo cumple con determinados requisitos” (IIAR,2020). Y aprobado se define como “aceptable por la autoridad competente” (NFPA 13, 2019). Además, las entidades más destacadas en listar, probar y evaluar productos para SPCI son UL y FM

### **2.7.1. Definición y diferencia entra norma y estándar**

Una norma se puede definir como “Documentos técnico-legales con las siguientes características: Contienen especificaciones técnicas de aplicación voluntaria. Son elaborados por concesos de las partes interesadas” (Garzón, 2010)

Dentro del proceso de un diseño de SPCI se debe definir diferentes factores que dan paso los lineamientos para el desarrollo del sistema, estos lineamientos se obtienen por medio del apoyo de un código, el cual “Es un documento publicado por una organización de desarrollo de estándares (SDO) que debe ser considerado como obligatorio para su uso dentro de su alcance establecido.” (nuñez, 2016), como por ejemplo el Código de fuego NFPA 1 2021, el cual se encarga de “prescribir los requisitos mínimos necesarios para establecer un nivel razonable de protección contra incendios y la vida y la propiedad del riesgo creado por incendios, explosiones y condiciones peligrosas.” (NFPA 1, 2021). Este documento indica lo que se debe hacer para el diseño del sistema, según el riesgo presente.

En comparación con el estándar, el cual “Es un documento publicado por un SDO que contiene métodos y requisitos estandarizados. Los requisitos en los estándares deben considerarse obligatorios a menos que se haya elaborado documentación escrita para justificar alternativas” (nuñez, 2016) como por ejemplo la Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores 13 que tiene como propósito “proveer un grado razonable de protección contra incendios para la vida y las propiedades a través de la normalización del diseño, requisitos de instalación y diseño para sistemas de rociadores” (NFPA 13, 2019). Lo que indica que estandariza los procedimientos que deben cumplir los diseños de SPCI.

Al tener claro las diferencias entre código y estándar se resalta la importancia de elaborar la guía, la cual brinda al lector conocimiento sobre los diferentes códigos y normas que son requeridas para los diseños, además permite entrelazar la información brindada en las normas y códigos de diseño en conjunto con la normativa nacional.

A continuación, se realizará una descripción de las normas NFPA aplicables y que son de gran relevancia para la elaboración de la guía, que permita ampliar el conocimiento sobre el funcionamiento de estas.

## **2.7.2. NFPA 10**

La NFPA 10, norma aplicada a la selección, instalación, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática de extintores portátiles y agentes extintores clase D (NFPA 10, 2018) se encarga de guiar sobre el uso, la ubicación, instalación y selección de los extintores.

El Reglamento Nacional de Protección contra Incendios indica en su apartado 12.3, Requisitos Generales para la Instalación de Extintores, que “Se deberán instalar extintores portátiles en todos los destinos, edificaciones y estructuras indicadas en este reglamento, la norma NFPA 1, la norma NFPA 101 y donde fuera requerido por la autoridad competente” (Bomberos Costa Rica, 2020, p. 62). Además, indica que “La instalación de extintores debe ser independiente de si el edificio está equipado con rociadores automáticos, tubería vertical y mangueras, u otro equipo de protección fija” (Bomberos Costa Rica, 2020, p. 62).

En la NFPA 101, capítulo 30 edificios de apartamentos nuevos en el apartado 30.3.5.13 indica que: “Deben proveerse extintores de incendio portátiles de acuerdo con la sección 9.9”(NFPA 101, 2018, p.350)

### **Clasificación del fuego**

Según la NFPA 10 capítulo 5, los fuegos se pueden clasificar en 5 tipos para realizar la elección del extintor adecuado, los cuales son:

Fuegos clase A: los fuegos clase A son fuegos en materiales combustibles ordinarios, tales como madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos (NFPA 10, 2018, p.11).

Fuegos clase B: los fuegos clase B son fuegos en líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas derivadas del petróleo, alquitranes, aceites, pinturas a base de aceite, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables. (NFPA 10, 2018, p.11).

Fuegos clase C: los fuegos clase C son fuegos que involucran equipos eléctricos energizados (NFPA 10, 2018, p.11).

Fuegos clase D: los fuegos clase D son fuegos en materiales combustibles, tales como magnesio, titanio, zirconio, sodio, litio y potasio (NFPA 10, 2018, p.11).

Fuegos clase K: los fuegos clase K son fuegos en aparatos de cocinas que involucran medios de cocción combustibles (aceites y grasas vegetales o animales) (NFPA 10, 2018, p.11).

### **2.7.3. NFPA 13**

La norma encargada de los rociadores automáticos contra incendio es la NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, estándar que contiene la información necesaria para la elaboración de diseños de los sistemas de protección contra incendios basados en este tipo de dispositivos, la cual indica cómo “establecer los requisitos mínimos para el diseño e instalación sistemas de rociadores de incendio automáticos y de sistemas de rociadores para protección contra exposiciones comprendidos en esta norma.” (NFPA 13, 2019, p. 19).

Esta norma brinda la información necesaria para realizar diseños generales enfocados en salvar vidas y estructuras, “El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra incendios para la vida y las propiedades a través de la normalización del diseño” (NFPA 13, 2019, p. 19)

Cabe resaltar que para el caso de edificio nuevos de apartamentos con cuatro pisos o menos de altura, que no excedan 18.3 m (60ft) se puede realizar el diseño según NFPA 13R, la cual cuenta con requisitos diferentes, que buscan disminuir los costos del sistema, considerando que una edificación con estas características tiene un riesgo menor de posibilidad de incendio.

#### **Clasificación de riesgo**

Según la NFPA 101, para el caso de edificaciones de uso residencial, “Todos los edificios deben estar protegidos mediante un sistema aprobado y supervisado de rociadores automáticos” (NFPA, 2018, p.350). La clasificación delimitada por la NFPA 13, indica cinco tipos de riesgos según la ocupación que se presentan:

Ocupaciones de riesgo leve: “Ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se prevén incendios con tasas de liberación de calor relativamente bajas” (NFPA 13, 2019, p. 32).

Riesgo ordinario (grupo 1): “Ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos no excede la cantidad de almacenamiento misceláneo de clase 2, 3, 4, plásticos, neumáticos y papel en rollo” (NFPA 13, 2019, p. 32).

Riesgo ordinario (grupo 2):

Ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son de moderadas a altas, los apilamientos de los contenidos con tasa de liberación de calor moderada no exceden de 12 pies (3.66m) y los apilamientos de contenidos con tasa de liberación de calor altas no exceden de 8 pies (2.4m). (p.32)

Riesgo extra (grupo 1):

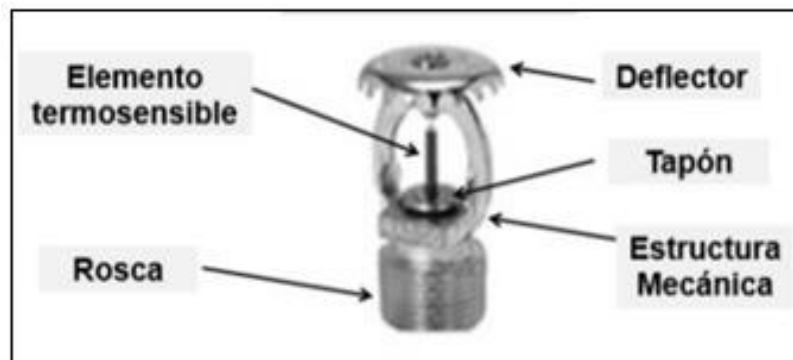
Ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son muy altas y hay presencia de polvos, pelusas y otros materiales, introduciendo la probabilidad de incendios de rápido desarrollo con altas tasa de liberación de calor, pero con escasas o nulas cantidades de líquidos combustibles o inflamables. (p.32)

Riesgo extra (grupo 2): “Ocupaciones o partes de otras ocupaciones con cantidades moderadas a sustancias de líquidos inflamables o combustibles, u ocupaciones con una extensa protección de combustibles” (NFPA 13, 2019, p.32).

## Información sobre rociadores

Los rociadores son los dispositivos encargados de actuar en caso de incendio de manera automática. A continuación, se brindará información relevante acerca de estos, como funcionamiento, componentes, características y tipos de rociadores.

En la figura 2.11 se puede observar un diagrama con los componentes del rociador. Este funciona gracias al elemento termosensible, el cual se encarga de activarlo cuando la temperatura de los gases generados por el fuego supera la que resiste el elemento, quebrando el bulbo, y liberando el agua dentro de la tubería con la presión existente. El deflector se encarga de “convertir el chorro de salida en una rociada de agua por la zona donde haya fuego de incendio” (Lopez Manga & Marin Gomez, 2019, p. 22), generando un patrón de cobertura que permita controlar el incendio.



**Figura 2.11** Componentes de un rociador automático (Stoieto, 2016)

Existen gran variedad de rociadores, los cuales son seleccionados según el criterio de cada diseñador y los requerimientos de protección, cada rociador tiene un coeficiente de descarga denominada factor K medido en LPM/bar<sup>1/2</sup>.

Para el caso de los condominios verticales, se pueden utilizar rociadores de tipo estándar y rociadores residenciales principalmente, los cuales se definen de la siguiente manera:

Rociador pulverizador estándar: Un tipo de rociador pulverizador con áreas de cobertura máxima según lo especificado en las Secciones 10.2 y 10.3. (NFPA 13, 2019, p. 34).

Rociador automático: un dispositivo de control o supresión de incendios que funciona automáticamente cuando su elemento activado por calor se calienta hasta alcanzar o superar su certificación térmica, permitiendo la descarga de agua sobre un área especificada (NFPA 13, 2019, p. 34).

Rociador residencial: Según la NFPA 13 se puede definir como:

Un tipo de rociador de respuesta rápida que tiene un elemento térmico con un RTI de 50 (metros-segundos)<sup>1/2</sup> o menos, que ha sido específicamente investigado por su capacidad para incrementar la supervivencia en la habitación de origen del incendio y que está listado para uso en la protección de unidades de vivienda. (p.36)

En la tabla 2.4 se presentan las características de la descarga de los rociadores, donde se muestra el factor k nominal, rango del factor k, porcentaje de descarga del factor y tipo de rosca.

**Tabla 2.4** Identificación de las características de descarga de los rociadores (NFPA 13, 2019)

Factor K nominal [gpm/(psi) <sup>1/2</sup> ]	Factor K nominal [L./min/(bar) <sup>1/2</sup> ]	Rango del factor K [gpm/(psi) <sup>1/2</sup> ]	Rango del factor K [L./min/(bar) <sup>1/2</sup> ]	Porcentaje de descarga del factor K-5.6 nominal	Tipo de rosca
1.4	20	1.3-1.5	19-22	25	½ pulg. (15 mm) NPT
1.9	27	1.8-2.0	26-29	33.3	½ pulg. (15 mm) NPT
2.8	40	2.6-2.9	38-42	50	½ pulg. (15 mm) NPT
4.2	60	4.0-4.4	57-63	75	½ pulg. (15 mm) NPT
5.6	80	5.3-5.8	76-84	100	½ pulg. (15 mm) NPT
8.0	115	7.4-8.2	107-118	140	¾ pulg. (20 mm) NPT o ½ pulg. (15 mm) NPT
11.2	160	10.7-11.7	159-166	200	½ pulg. (15 mm) NPT o ¾ pulg. (20 mm) NPT
14.0	200	13.5-14.5	195-209	250	¾ pulg. (20 mm) NPT
16.8	240	16.0-17.6	231-254	300	¾ pulg. (20 mm) NPT
19.6	280	18.6-20.6	272-301	350	1 pulg. (25 mm) NPT
22.4	320	21.3-23.5	311-343	400	1 pulg. (25 mm) NPT
25.2	360	23.9-26.5	349-387	450	1 pulg. (25 mm) NPT
28.0	400	26.6-29.4	389-430	500	1 pulg. (25 mm) NPT

Nota: Se aplica el factor K nominal para rociadores del tipo seco para la selección de los rociadores. Ver 27.2.4.10.3 sobre el uso de factores K ajustados para rociadores del tipo seco a los fines de los cálculos hidráulicos.

*Nota:* Tomada de NFPA 13 (2019).

Además, los rociadores automáticos presentan características según temperatura y deben tener en sus brazos de armazón, deflector, material de recubrimiento o bulbo para líquido del color que corresponda a los requisitos de la tabla 2.5 (NFPA 13, 2019, p. 57).



La clasificación de la temperatura depende del rango en la que se ubica y presenta un código de colores para indicarla.

**Tabla 2.5** Rangos, clasificaciones y códigos de color de temperatura (NFPA 13, 2019)

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores del bulbo de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135-170	57-77	Ordinaria	Sin color o de color negro	Naranja o rojo
150	66	175-225	79-107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250-300	121-149	Alta	Azul	Azul
300	149	325-375	163-191	Extra alta	Rojo	Morado
375	191	400-475	204-246	Muy extra alta	Verde	Negro
475	246	500-575	260-302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

*Nota:* Tomada de NFPA 13 (2019).

## Tipos de sistema de rociadores

Los sistemas de rociadores se pueden delimitar en varias clasificaciones, según la NFPA 13 (2019), como sistemas de rociadores con anticongelante, sistema combinado de tuberías secas y de acción previa, rociadores de diluvio, rociadores de tubería seca, sistema de rociadores en malla, rociadores en bucle y ciclos múltiples de acción previa. A continuación, se analizará el sistema húmedo:

Sistema de rociadores de tubería húmeda:

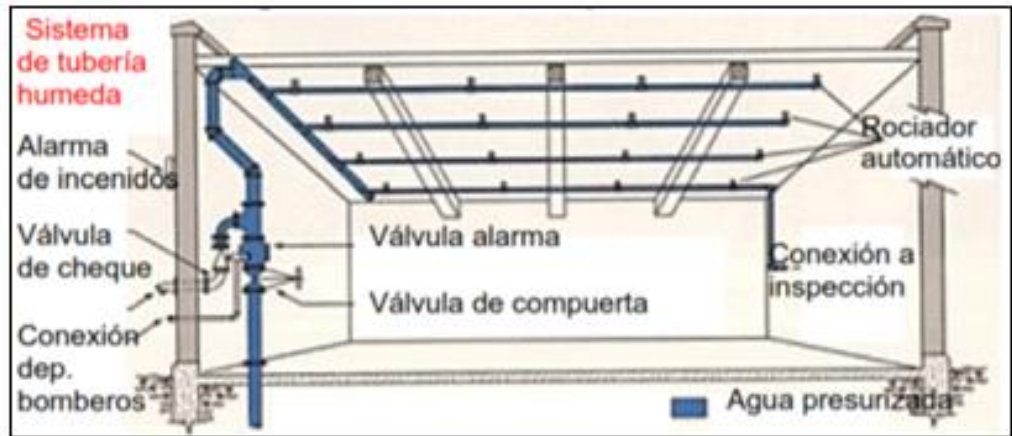
Un sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos adosados a un sistema de tuberías que contiene agua y está conectado a un suministro de agua de manera que el agua descarga de manera inmediata desde los rociadores abiertos por el calor de un incendio. (p.37)

La norma NFPA 13 en el capítulo 12 indica que los rociadores residenciales deben ser utilizados solamente en sistemas húmedos.

En la figura 2.12 se presenta un diagrama esquemático de un sistema de tipo húmedo, en donde se pueden observar los componentes necesarios para el sistema. La tubería montante incluye el conjunto de valvulas para el control de piso conformado por sensor de flujo, valvula mariposa y válvula de retención, rociadores automaticos, alarma de incendios y la conexión del Cuerpo de Bomberos, la cual es “Una conexión a traves de la cual el cuerpo de bomberos puede bombear un volumen adicional de agua al sistema de rociadores, de montantes o a otros sistemas de protección contra incendios a base de agua, complementando así los suministros de agua existentes ” (NFPA 24, 2019, p.11).

En el sistema húmedo toda la tubería está cargada con agua presurizada y el sistema se inicia por medio de la activación de un rociador, donde al presentarse un incendio, los gases a alta temperatura alcanzan al bulbo, el cual por expansión térmica se quiebra y de esta manera libera el agua del sistema. El sensor de presión presente en el panel de control del sistema de bombeo genera un arranque en la bomba contra incendios dando paso al funcionamiento del sistema completo.

La conexión del departamento de bomberos permite inyectarle agua al sistema, en el caso el suministro de la bomba no sea suficiente.



**Figura 2.12** Sistema de tipo Húmedo (Advance Security & fire Protection service, 2014).

## **2.7.4. NFPA 14**

La NFPA 14 es la norma que establece los requisitos mínimos para la instalación de sistemas de montantes y de mangueras. NFPA 14 se encarga de:

El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra incendios para la vida y las propiedades mediante requisitos de instalación para sistemas de montantes y de mangueras basados en sólidos principios de ingeniería, datos de prueba y experiencias de campo (p.6).

Tal como indica la NFPA 101, los edificios nuevos con más de tres niveles, con sistema de rociadores automáticos y edificios de gran altura, deben ser protegidos con sistema mangueras clase I.

### **Tipos de sistemas**

El Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, en la página 67 indica que los edificios de gran altura requieren sistemas húmedos automáticos de tubería vertical clase I.

Según la NFPA 14, un sistema clase I se define como “Un sistema que provee conexiones para mangueras de 2 ½ pulg. (65mm) para suministrar agua para uso de los cuerpos de bomberos” (NFPA, 2019, p.11)

Este tipo de sistemas requiere de una válvula de ángulo, conectada a una tubería montante, con el objetivo de ser utilizada únicamente por el Cuerpo de Bomberos, con una presión determinada de 6.89 bar (100 psi) y 4.54 l/min (250 gpm).`

En la figura 2.13 se puede observar un ejemplo de conexión de sistema clase I.

Sistema Clase II: se define como “un sistema que provee estaciones de mangueras de 1 ½ pulg. (40mm) para suministrar agua para uso principalmente del personal entrenado o del Cuerpo de Bomberos durante la respuesta inicial” (NFPA 14, 2019, p.11)

Sistema Clase III: se define como “un sistema que provee de estaciones de mangueras de 1 ½ pulg. (40mm) para suministrar agua para uso del personal entrenado y conexiones para mangueras de 2 ½ pulg. (65 mm) para suministrar un mayor volumen de agua para uso del cuerpo de bomberos”



**Figura 2.13** conexión sistema clase 1 (RST ingeniería S.A, 2018).

### **2.7.5. NFPA 20**

La NFPA 20 es la norma encargada de la instalación de las bombas estacionarias para protección contra incendios “Esta norma trata lo relativo a la selección e instalación de bombas que suministran líquido a sistemas privados de protección contra incendios” (NFPA 20, 2019, p.7), y se encarga de reglamentar “suministros de líquidos; succión, descarga, y equipamiento auxiliar; suministros de energía, incluidos arreglos de suministro de energía; motores y controladores eléctricos; motores y controladores” (NFPA 20, 2019, p.7).

Ademas, define la bomba contra incendios como “Una bomba que proporciona fluido líquido y presión dedicados a la protección contra incendios.” (NFPA 20, 2019, p.7) lo que permite el funcionamiento del sistema en caso de incendio.

Existen varios tipos de bombas que debe ser elegido por el diseñador según las características presentes en el edificio y sistema utilizado.

#### **Bombas para SPCI**

Dentro de un diseño de SPCI se debe realizar la selección de la bomba necesaria del sistema, según las características de este, como por ejemplo el tipo de tanque, ubicación de la casa de máquinas entre otras consideraciones, que se mencionan en la guía de diseño en el capítulo de resultados.

Además, existen varios tipos de bombas, las cuales se deben conocer para seleccionar la óptima del sistema. Los tipos de bombas permitidos por NFPA 20 para uso en sistemas contra incendios son:

- Bomba centrífuga: “una bomba en la que la presión se desarrolla principalmente mediante la acción de una fuerza centrífuga” (NFPA 20, 2019, p. 12)
- Bomba de succión axial: “Una bomba de succión única con la boquilla de succión ubicada en el lado opuesto de la carcasa desde el prensaestopas y con la cara de la brida de succión en forma perpendicular al eje longitudinal de la bomba” (NFPA 20, 2019, p. 12)
- Bomba horizontal de carcasa partida: “Una bomba centrífuga caracterizada por una carcasa que se encuentra dividida en forma paralela al eje” (NFPA 20, 2019, p. 13)

- Bomba en línea: “Una bomba centrífuga en la cual su motor es soportado por la bomba teniendo sus bridas de succión y de descarga aproximadamente sobre la misma línea central” (NFPA 20, 2019, p. 12)

Adicional a la selección del tipo de bomba, se debe conocer la configuración requerida de los accesorios necesarios para la succión y la descarga del sistema, los componentes se mencionaran a continuación.

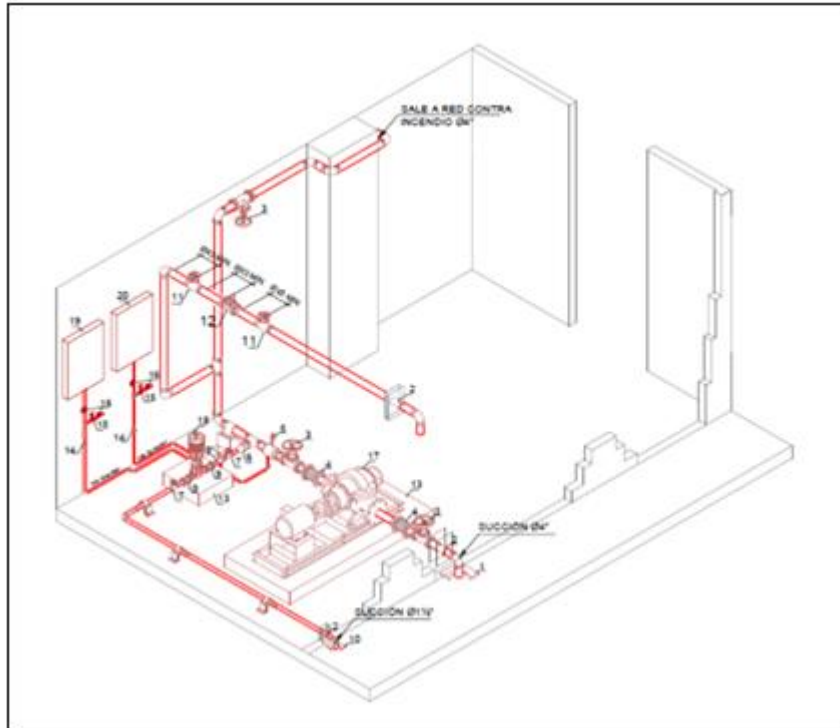
En la figura 2.14 se puede observar un esquema de cuarto de equipos donde se presentan algunos componentes importantes además de la bomba principal, tales como los listados a continuación:

- válvula de compuerta OS&Y “se utiliza para controlar el flujo de fluidos en un circuito. Estas válvulas son características por su diseño, que permite seguir la posición de apertura y cierre moviendo el vástago hacia arriba y hacia abajo”. (VCP Válvulas y conexiones del pacífico, n.d.)
- Manómetros de descarga “Un manómetro de presión con una caratula no menor de 3.5 pulg. (89mm) de diámetro debe conectarse cerca de la brida de descarga con una válvula para manómetros de 0.25 pulg. (6mm) nominal” (NFPA 20, 2020, p.19). Este dispositivo permite conocer la presión de descarga de la bomba, la cual debe ser analizada según las inspecciones y mantenimeintos.
- Manómetro de succión: “Un manómetro con un reloj de no menos de 3.5 pulg, (89mm) de diámetro a la tubería de succión cercana a la bomba con una válvula para manómetros de 0.25 pulg. (6mm) nominal”(NFPA 20, 2020, p.19). Este dispositivo brinda la informacion de la presion en la succion de la bomba, la cual es la requerida para que el agua ingrese a la misma y se de su funcionamiento.
- Válvula de alivio de circulación: “Una válvula utilizada para enfriar una bomba mediante la descarga de una pequeña cantidad de agua. Esta válvula esta separada y es independiente de la válvula de alivio principal” (NFPA 20, 2020, p. 14).
- válvula de alivio: “Un dispositivo que permite la desviación de líquido para limitar la presión excesiva en un sistema” (NFPA 20, 2020, p. 14)
- Reductor o incrementador cónico excéntrico: “ Donde la tubería de succión y la brida de succión de la bomba no son del mismo tamaño, deben conectarse con un reductor

o incrementador cónico excéntrico instalado de manera de evitar bolsas de aire” (NFPA 20, 2020, p. 22).

- Válvula de control de descarga: “Una válvula diseñada para aliviar el flujo excesivo por debajo de la capacidad de la bomba a la presión establecida” (NFPA 20, 2020, p. 14),
- Válvula retención en la descarga “una válvula unidireccional, en la que el flujo puede circular libremente en una dirección, pero si se invierte la dirección del flujo la válvula se cierra para proteger la tubería, otras válvulas, bombas, etc” (AVK Válvulas, S.A., n.d.).
- Dispositivo de prueba de flujo de agua: “Una instalación de bomba contra incendio debe disponerse de modo tal de permitir la prueba de la bomba en sus condiciones de operación nominal así como también el abastecimiento de succión al máximo flujo disponible desde la bomba contra incendio” (NFPA 20, 2020, p. 26).
- Bomba de mantenimiento de presión (Bomba jockey): “Bomba diseñada para mantener la presión en los sistemas de protección contra incendios entre los límites previamente configurados cuando en el sistema no circula agua” (NFPA 20, 2020, p. 13).





**Figura 2.14** Esquema de cuarto de equipos (Blanco Duarte & Martínez Jamaica, 2016).

## Tipos de motores

Los motores permitidos en la NFPA 20 para la instalación de bombas son los siguientes :

- Motor diésel “Un motor de combustión interna en el cual el combustible se enciende mediante el calor proveniente de la compresión del aire suministrado para la combustión”(NFPA 20, 2019, p.10)
- Motor eléctrico “Un motor clasificado según protección mecánica y métodos de enfriamiento” (NFPA 20, 2019, p.11)

La elección del tipo de motor para el sistema contra incendios queda a criterio del diseñador y elección del cliente.

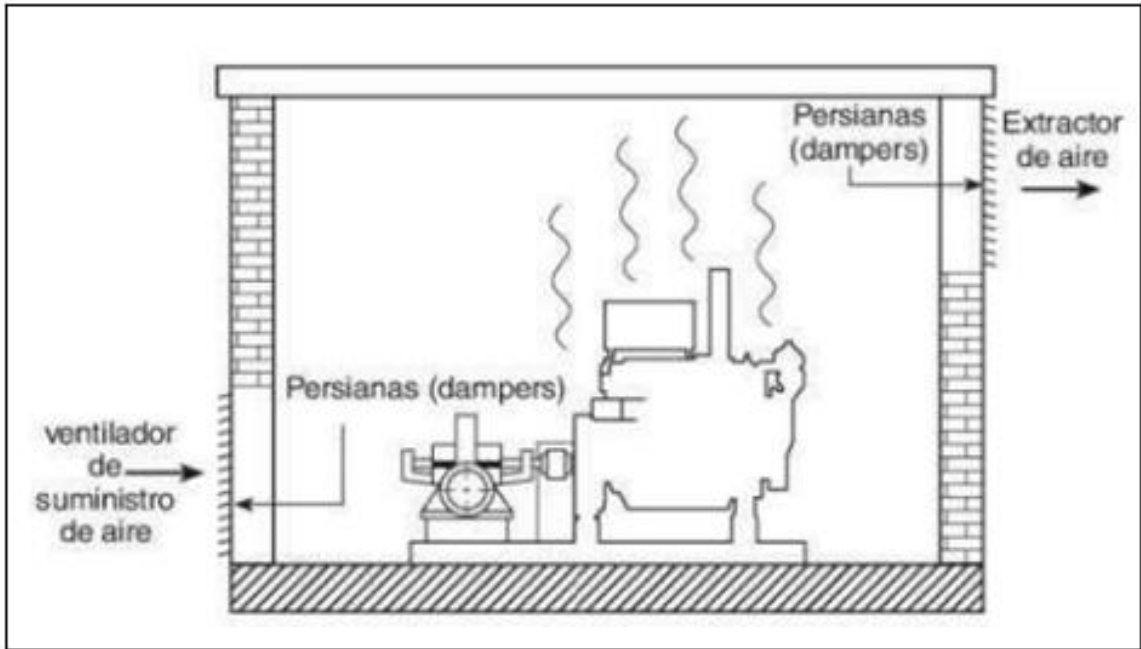
## Ventilación

La ventilación en el cuarto de máquinas, donde se encuentra ubicada la bomba del sistema debe cumplir según la NFPA 20 con condiciones tales como “controlar la temperatura máxima de 49 °C en la entrada del filtro de aire cuando el motor se encuentre en funcionamiento con la carga nominal, proveer aire que requiere la combustión del motor, permite la eliminación de vapores peligrosos y además permite que se suministre o elimine el aire que sea necesario para enfriar el radiador del motor cuando sea requerido”. (p.64)

Es requerido que el equipo de bombeo cuente con una adecuada ventilación, para lograr un correcto funcionamiento y optimización del motor tanto en la entrada como en la descarga del aire como se indica a continuación:

- Ventilador de suministro de aire: “El camino total de suministro de aire hacia la bomba no debe restringir la corriente de aire en más de una columna de agua de 0.2 pulg. (columna de agua 5.1 mm)” (NFPA 20, 2019)
- Ventilador de descarga de aire: “El ventilador de descarga de aire debe permitir que suficiente aire abandone el cuarto de bombas” (NFPA 20, 2019)

Como se observa en la figura 2.15 “Para una ventilación óptima del cuarto de bombas, el ventilador de suministro de aire y las salidas de aire deberían estar ubicadas en paredes opuestas.” (NFPA 20, 2019). Además, “cuando se calcule la temperatura máxima del cuarto de bombas se debería considerar el calor radiado por el motor el radio por la tubería de escape y todas las otras fuentes que contribuyen al incremento de la temperatura” (NFPA 20, 2019)



**Figura 2.15** Sistema típico de ventilación para una bomba operada por motor diésel enfriado con intercambiador de calor. (NFPA 20, 2019)

## **Suministro de combustible para bombas con motor Diesel**

Los sistemas de protección contra incendios impulsados por motor Diesel requieren de una fuente de suministro de combustible que alimente el motor. Dentro del análisis requerido para el tanque de combustible se requiere considerar:

El tanque “de suministro de combustible y el combustible debe estar reservados exclusivamente para el motor diésel de la bomba contra incendios” y “Debe haber un tanque de suministro de combustible y una línea de retorno separados para cada motor” (NFPA 20, 2019)

La capacidad del tanque de suministro de combustible debe ser de por lo menos el equivalente a 1 gal por hp (5.07 por kW), más un volumen de 5 por ciento para expansión y un volumen del 5 por ciento para sedimentación. (p.65)

“Los tanques deben ser de pared simple o pared doble y deben estar diseñados y contruidos de acuerdo con normas de inicio reconocidos cómo ANSI/UL 142.” (NFPA 20, 2019) y además algunos factores que se deben considerar en la instalación es “Los tanques deben ser montados de manera segura sobre soportes no combustibles” (NFPA 20, 2019) y “Los tanques para combustibles de pared simple deben estar encerrados con muros por dichoso de que suficientes para retener la capacidad completa del tanque” (NFPA 20, 2019)

Con respecto a la ubicación del tanque, la norma NFPA 20 establece que: “los tanques de suministro de combustible Diésel deben estar ubicado sobre la superficie, de conformidad con lo establecido en ordenanzas municipales u otras, y de acuerdo con los requisitos de la autoridad competente y no deben enterrarse” (NFPA 20, 2019)

## **2.7.6. NFPA 24**

La NFPA 24, Norma para la Instalación de las Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios, se encarga de indicar los requisitos mínimos para la instalación de este sistema, lo que incluye el suministro de sistema de rociadores automáticos, sistema de rociadores abiertos, sistemas fijos de aspersión, sistemas de espuma, hidrantes privados, boquillas monitoras o sistemas de montantes con referencia a suministro de agua y caseta de mangueras. (NFPA 24, 2019)

### **Tuberías para SPCI**

Para transportar el agua requerida para los sistemas de protección contra incendios, se requiere la utilización de diversos tipos de tuberías. A continuación, se dan las características constructivas de las más usuales:

- Tubería subterránea: se utiliza para la distribución de la red exterior enterrada, desde el suministro. En la tabla 2.6 se puede observar los tipos aceptados para tuberías subterráneas según el material, las más utilizadas son la tubería de hierro ductil AWWA C151, tubo de presión de cloruro de polivinilo AWWA C900 y cloruro de polivinilo orientado molecularmente AWWA C909.
- Tubería principal expuesta: es la utilizada en tuberías dentro de la edificación, como ramales y montante. En la tabla 2.7 se puede observar los materiales permitidos por la NFPA 24 para esta aplicación.

La tubería utilizada comúnmente corresponde a ASTM A53, tuberías de acero: “Debe utilizarse tubería de acero sobre el nivel de piso excepto para la conexión a tuberías de succión subterránea y tuberías de descarga subterráneas” (NFPA 20, 2019, p. 21)

Adicional a esto, cada sistema requiere tubería de drenaje la cual “Debe permitirse que la tubería de drenaje y sus accesorios que efectúe la descarga en la atmósfera estén construidos con materiales metálicos o poliméricos” (NFPA 20, 2019, p. 21) obtenidos por la tabla indicada anteriormente.

**Tabla 2.6** Norma de fabricación para tuberías subterráneas (NFPA 24, 2019)

<b>Materiales y dimensiones</b>	<b>Norma</b>
<b>Hierro dúctil</b>	
<i>Revestimiento de Mortero de Cemento para Tuberías y Accesorios de Hierro Dúctil</i>	AWWA C104/A21.4
<i>Recubrimiento de Polietileno para Sistemas de Tuberías de Hierro Dúctil</i>	AWWA C105/A21.5
<i>Juntas de Empaquetaduras de Caucho para Tuberías y Accesorios de Presión de Hierro Dúctil</i>	AWWA C111/A21.11
<i>Tuberías de Hierro Dúctil Embridadas con Bridas Roscadas de Hierro Dúctil o Hierro Gris</i>	AWWA C115/A21.15
<i>Diseño del Espesor de Tuberías de Hierro Dúctil</i>	AWWA C150/A21.50
<i>Tuberías de Hierro Dúctil, Fundido de Manera Centrifuga</i>	AWWA C151/A21.51
<i>Instalación de Tuberías Principales de Hierro Dúctil y sus Accesorios</i>	AWWA C600
<b>Concreto</b>	
<i>Tuberías de Presión de Concreto Reforzado, Tipo Cilindro de Acero</i>	AWWA C300
<i>Tuberías de Presión de Concreto Pretensado, Tipo Cilindro de Acero</i>	AWWA C301
<i>Tuberías de Presión de Concreto Reforzado, no de Tipo Cilindro</i>	AWWA C302
<i>Tuberías de Presión de Concreto Reforzado, con Barras Envueltas, Tipo Cilindro de Acero, Pretensado</i>	AWWA C303
<i>Revestimiento de Mortero de Cemento para Redes de Tuberías de Agua in Situ, de 4 pulg. (100 mm) y Más Grandes</i>	AWWA C602
<b>Plástico</b>	
<i>Tuberías de Presión de Cloruro de Polivinilo (PVC), de 4 pulg. a 12 pulg. (100 mm a 300 mm), para Transmisión y Distribución de Agua</i>	AWWA C900
<i>Tuberías de Presión y Accesorios Fabricados de Cloruro de Polivinilo (PVC), de 14 pulg. a 48 pulg. (350 mm a 1200 mm), para Transmisión y Distribución de Agua</i>	AWWA C905
<i>Tuberías de Presión y Accesorios de polietileno (PE), de 4 pulg. a 63 pulg. (100 mm a 1,650 mm), para Obras Hidráulicas</i>	AWWA C906
<i>Tuberías de Presión de Cloruro de Polivinilo con Orientación Molecular, de 4 pulg. a 24 pulg. (100 mm a 600 mm) para Agua, Aguas Residuales y Servicio de Agua Reciclada</i>	AWWA C909
<b>Latón</b>	
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Latón Rojo sin Costura, Tamaños Estándar</i>	ASTM B43
<b>Cobre</b>	
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Cobre sin Costura</i>	ASTM B75/B75M
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Agua de Cobre sin Costura</i>	ASTM B88
<i>Especificación Normalizada para los Requisitos Generales para Tuberías de Aleaciones de Cobre y de Cobre Forjado sin Costura</i>	ASTM B251
<b>Acero inoxidable</b>	
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Acero Inoxidable Austenítico Trabajado en Frío con Gran Intensidad Sin Costura, Soldadas</i>	ASTM A312/312M

*Nota:* Tomada de NFPA 24 (2019).

**Tabla 2.7** Materiales y dimensiones de tubería y tubos para Instalación (NFPA 13, 2019).

<b>Materiales y dimensiones</b>	<b>Norma</b>
<b>Tubería ferrosa s Piping (soldada y sin costura)</b>	
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Acero Negro y Revestido en Zinc por Inmersión en Caliente (Galvanizado), Soldadas y Sin Costura para Uso en Protección contra Incendios</i>	ASTM A795/A795M
<i>Especificación Normalizada para Tuberías, de Acero, Negro y por Inmersión en Caliente, Revestido en Zinc, Soldadas y Sin Costura</i>	ASTM A53/A53M
<i>Tuberías de Acero Forjado Soldadas y Sin Costura</i>	ASME B36.10M
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Acero Soldadas por Resistencia Eléctrica</i>	ASTM A135/A135M
<b>Tubo de cobre (estirado, sin costura)</b>	
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Cobre sin Costura</i>	ASTM B75/B75M
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Agua de Cobre sin Costura</i>	ASTM B88
<i>Especificación Normalizada para los Requisitos Generales para Tuberías de Aleaciones de Cobre y de Cobre Forjado sin Costura</i>	ASTM B251
<i>Especificación Normalizada para Fundentes Líquidos y en Pasta para Aplicaciones de Soldadura de Tuberías de Cobre y de Aleaciones de Cobre</i>	ASTM B813
<i>Especificación para Metales de Relleno para Soldadura no Ferrosa y Soldadura con Latón</i>	AWS A5.8M/A5.8
<i>Especificación Normalizada para Metal para Soldar, Sección 1; Aleaciones de soldadura con menos de 0.2% de plomo y teniendo temperaturas de solidus mayor que 400°F</i>	ASTM B32
<i>Materiales de aleación</i>	ASTM B446
<b>CPVC</b>	
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Plástico (SDR-PR) de Cloruro de Poli(Vinilo clorado) (CPVC)</i>	ASTM F442/F442M
<b>Tubería de latón</b>	
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Latón Rojo sin Costura, Tamaños Estándar</i>	ASTM B43
<b>Acero inoxidable</b>	
<i>Especificación Normalizada para Tuberías de Acero Inoxidable Austenítico Trabajado en Frío con Gran Intensidad Sin Costura, Soldadas</i>	ASTM A312/A312M

*Nota:* Tomada de NFPA 13 (2019).

## Accesorios

Los accesorios utilizados en sistemas de rociadores deben cumplir con la tabla 2.8 de Materiales y dimensiones de los accesorios.

Para la unión entre la tubería y los accesorios situados sobre la superficie, se permiten dos tipos de uniones principalmente:

- Unión roscada: este tipo de unión se utiliza en “tuberías de acero con espesores de paredes de menos de Cédula 30 [en tamaños de tuberías de 8 pulg. (200 mm) y más grandes] o de Cédula 40 [en tamaños de tuberías de menos de 8 pulg. (200 mm)] estén unidas por accesorios roscados solamente” (NFPA 13, 2019). Además, la rosca debe ser cortada según ASME B1.20.1.
- Unión ranurada: se puede implementar en las tuberías de cualquier tipo de cedula, sin embargo, se realiza principalmente en tuberías cedula 10 y diámetros mayores a 65 mm (2 ½ pulg.). Además, “las tuberías, accesorios, válvulas y dispositivos que van a ser unidos mediante acoples ranurados deben incluir ranuras de corte, laminadas o de fundición que sean dimensionalmente compatibles con los acoples”. (NFPA 13, 2019)



**Tabla 2.8** Materiales y dimensiones de los accesorios (NFPA 13, 2019)

<b>Materiales y dimensiones</b>	<b>Norma</b>
<b>Hierro fundido</b>	
<i>Accesorios Roscados de Hierro Gris, Clases 125 y 250</i>	ASME B16.4
<i>Bridas y Accesorios Embridados de Tuberías de Hierro Gris, Clases 25, 125 y 250</i>	ASME B16.1
<b>Hierro maleable</b>	
<i>Accesorios Roscados de Hierro Maleable, Clases 150 y 300</i>	ASME B16.3
<b>Acero</b>	
<i>Accesorios de Acero Forjado, Soldados a Tope, Elaborados en Fábrica</i>	ASME B16.9
<i>Soldadura a Tope de Extremos</i>	ASME B16.25
<i>Especificación Normalizada para Accesorios de Tuberías de Acero Forjado al Carbono y Aleación de Acero para Servicio de Temperatura Alta y Moderada</i>	ASTM A234/A234M
<i>Bridas de Tuberías y Accesorios Embridados, NPS 1/2 a NPS 24 Métricas/Pulgada Estándar</i>	ASME B16.5
<i>Accesorios Forjados, Soldados a Encaje y Roscados</i>	ASME B16.11
<b>Cobre</b>	
<i>Accesorios de Presión de Juntas de Soldadura de Aleaciones de Cobre y Cobre Forjado</i>	ASME B16.22
<i>Accesorios de Presión de Juntas de Soldadura de Aleaciones de Cobre Fundido</i>	ASME B16.18
<b>CPVC</b>	
<i>Especificación Normalizada para Accesorios Roscados de Tuberías de Plástico de Cloruro de Poli(Vinilo Clorado) (CPVC), Cédula 80</i>	ASTM F437
<i>Especificación Normalizada para Accesorios de Tipo Casquillo de Tuberías de Plástico de Cloruro de Poli(Vinilo clorado) (CPVC), Cédula 40</i>	ASTM F438
<i>Especificación Normalizada para Accesorios de Tipo Casquillo de Tuberías de Plástico de Cloruro de Poli(Vinilo Clorado) (CPVC), Cédula 80</i>	ASTM F439
<b>Accesorios de bronce</b>	
<i>Accesorios Roscados de Aleaciones de Cobre Fundido, Clases 125 y 250</i>	ASME B16.15
<b>Acero inoxidable</b>	
<i>Especificación Normalizada para Accesorios de Tuberías de Acero Inoxidable Austenítico Forjado</i>	ASTM A403/A403M

Nota: Tomada de NFPA 13 (2019).

### 2.7.7. NFPA 25

La NFPA 25, Norma de Inspección, Prueba y Mantenimiento de los Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua, dicta los procedimientos requeridos para mantener al sistema operando adecuadamente a lo largo de su vida útil. Es importante hacer notar que en el capítulo 4 indica “El propietario o representante asignado debe ser responsable del adecuado mantenimiento del Sistema de protección contra incendios a base de agua” (NFPA 25, 2020, p. 19), por lo que el mantenimiento de los edificios es responsabilidad de propietario o persona encargada y se debe velar por el cumplimiento de este, que se realice de manera periódica según indique la norma o el fabricante, al igual que las inspecciones y que se realicen de manera responsable las pruebas correspondientes.

Para su mejor comprensión, es importante definir los conceptos citados a continuación:

- Inspección: “Un examen visual de un sistema o parte de este, cuyo fin es verificar si aparenta estar en condiciones operativas y sin daños físicos” (NFPA 25, 2020, p.11).
- Prueba: “El funcionamiento de un dispositivo para verificar que esté funcionando correctamente, o la medición de una característica del sistema para determinar si cumple con los requisitos” (NFPA 25, 2020, p.13).
- Prueba hidrostática: Según la NFPA 25 se define como

Una prueba de un sistema de tubería cerrado y de sus accesorios adosados que consiste en someter las tuberías a una presión interna aumentada durante un periodo específico con el fin de verificar la integridad del sistema y las tasas de fuga del sistema. (p.10)

- Drenaje principal: “La conexión del drenaje principal ubicada en el montante del sistema” (NFPA 25, 2020, p.10).

### **2.7.8. Funcionamiento de los Sistemas de Protección contra incendios**

Los sistemas de rociadores automáticos húmedos, según KOLTECK (2015), funcionan en el momento que se presente un incendio donde ocurra un aumento de la temperatura, lo cual activa los rociadores. Gracias a la liberación de agua en el rociador se da una pérdida de presión en la tubería, la cual genera que la bomba principal empiece a funcionar.

La bomba es la encargada de aumentar la presión al caudal de agua requerido del sistema. El sistema de bombeo succiona el agua requerida del tanque de almacenamiento. La bomba de mantenimiento de presión del sistema se encarga de mantener la presión en todo el circuito contra incendios mientras que la bomba principal no esté en funcionamiento.

Además, la bomba de mantenimiento se encarga de mantener la presión al suministrar pequeñas demandas de caudal, otro componente necesario es el cuadro de control que permite el funcionamiento de las bombas, además brinda información y avisos. Los presostatos ordenan el arranque automático de la bomba, la válvula de seguridad se encarga de asegurar un caudal de agua suficiente, que evite el calentamiento, y la bomba permite que el agua pase a través de la tubería por una válvula de compuerta o mariposa, posteriormente a una válvula de alarma y por medio de la tubería montante conecta con las líneas ramales que son las tuberías que abastecen los rociadores.

### 2.7.9. Ecuaciones para cálculo hidráulico

Según la NFPA 13, se indican a continuación las fórmulas y ecuaciones que se utilizaron para realizar el cálculo hidráulico del sistema para determinar el valor tanto de presión como del caudal requeridos para el funcionamiento del SPCI.

#### Pérdidas totales

$$P_t = P_f + P_e \quad (2.1)$$

Las pérdidas totales se obtienen de la suma de las pérdidas por fricción  $P_f$  y las pérdidas por elevación  $P_e$ , ambas medidas en Psi o Bar.

#### Perdidas por elevación

##### *Sistema Internacional*

$$P_e = 0.0981 * \Delta h * \rho \quad (2.2)$$

Donde,  $P_e$  es la presión por elevación medida en Bar,  $\Delta h$  es la diferencia de altura medida en metros y  $\rho$  es la densidad específica del agua.

##### *Sistema Imperial*

$$P_e = 0.433 * \Delta h * \rho \quad (2.3)$$

Donde,  $P_e$  es la presión por elevación medida en Psi,  $\Delta h$  es la diferencia de altura medida en pies y  $\rho$  es la densidad específica del agua.

Las perdidas por elevación se obtienen de la diferencia de altura entre un punto A y un punto B, que genera una columna de agua en metros o pies, implementando las ecuaciones 2.2 y 2.3 se puede convertir la columna de agua a Psi o Bar.

## **Pérdidas por fricción**

Para calcular las pérdidas por fricción, se utiliza la fórmula de Hazen Williams.

*Para el sistema Internacional*

$$P_m = 6.05 \left( \frac{Q_m^{1.85}}{C^{1.85} d_m^{4.87}} \right) 10^5 \quad (2.4)$$

Donde la  $P_m$  es resistencia friccional medida en bar/m de tubería,  $Q_m$  el flujo en L/min,  $C$  es el coeficiente de pérdida por fricción y  $d_m$  es el diámetro interno real de la tubería medido en mm (NFPA 13, 2019, p. 322)

*Para el sistema Imperial*

$$p = \frac{4.52 Q_m^{1.85}}{C^{1.85} d_m^{4.87}} \quad (2.5)$$

Donde la  $p$  es resistencia friccional medida en (psi/pie de tubería),  $Q_m$  el flujo en gpm,  $C$  es el coeficiente de pérdida por fricción y  $d_m$  es el diámetro interno real de la tubería medido en pulgadas. (NFPA 13, 2019, p. 322)

Las ecuaciones 2.4 y 2.5 se implementan para obtener las pérdidas de presión por fricción en longitud de tubería, contemplando varios factores que le afectan, tal como el caudal, el diámetro de la tubería y el coeficiente de fricción en una sección. Este se debe multiplicar por la suma de la longitud de la tubería y la longitud por perdidas de accesorios, para obtener el valor de presión en Psi o Bar.

***Presión de velocidad***

$$P_v = \frac{0.001123 Q^2}{D^4} \quad (2.6)$$

La  $P_v$  es la presión de la velocidad medida en psi y para el SI se debe aplicar la conversión 1 psi = 0,0689 bar, el caudal  $Q$  flujo medido en gpm y para SI 1 gal = 3,785 L y  $D$  el diámetro interno en pulgadas para convertirlo a SI se utiliza 1 pulg = 25,4 mm. (NFPA 13, 2019, p. 322)

### ***Presión normal***

$$P_n = P_t - P_v \quad (2.7)$$

La  $P_n$  significa la presión nominal, la  $P_t$  es la presión total medida en psi (bar) y  $P_v$  es la presión de velocidad medida en psi (bar) (NFPA 13, 2019, p. 323)

### ***Formula del factor K***

$$K_n = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad (2.8)$$

El valor  $K_n$  es la  $K$  equivalente en un nodo,  $Q$  el flujo en el nodo y  $P$  la presión en el nodo. (NFPA 13, 2019, p. 323)

### **2.7.10. Seguro en condominios verticales**

La seguridad de las personas es una de las mayores importancias en el mundo, incluyendo la seguridad inmobiliaria, es por esta razón que existen los seguros contra incendios, sin embargo, se deben cumplir lineamientos para poder hacer uso del mismo en caso de un siniestro.

La sección IV Eventos y pérdidas no amparadas por este contrato del Acuerdo de Aseguramiento del Instituto Nacional de Seguros, establece que “No aplicará para labores de mantenimiento o daños o defectos por carencia de mantenimientos de la vivienda. Este aspecto será evaluado y quedará a juicio del INS o bien sus representantes” (Instituto Nacional de Seguros, 2012, p. 21)

## CAPÍTULO 3

### 3. Diseño

En este capítulo se realizó el diseño de dos guías enfocadas en condominios verticales, una de diseño para sistemas de protección activa a base de agua como se observa en la figura 3.1, otra de inspección, prueba y mantenimiento para sistemas de protección activa a base de agua como indica la figura 3.2. Adicionalmente se realizó un modelo arquitectónico en Revit de un condominio vertical con seis niveles, con dos apartamentos por nivel, bodegas y áreas comunes, en el cual se diseñó el sistema completo de PCI el cual se ilustra en la figura 3.3.

Se indicará en las secciones posteriores los pasos realizados para la confección de las Guías y el sistema de ejemplo diseñado.





**UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ÉNFASIS EN SISTEMAS DE PROTECCIÓN  
CONTRA INCENDIOS

**GUÍA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE PROTECCIÓN  
ACTIVA A BASE DE AGUA EN CONDOMINIOS  
VERTICALES**

**VERSIÓN 2021**

**Figura 3.1** Extracto ejemplo de Guía de diseño para Sistemas de Protección activa a base de agua en condominios vertical. (Elaboración Propia)



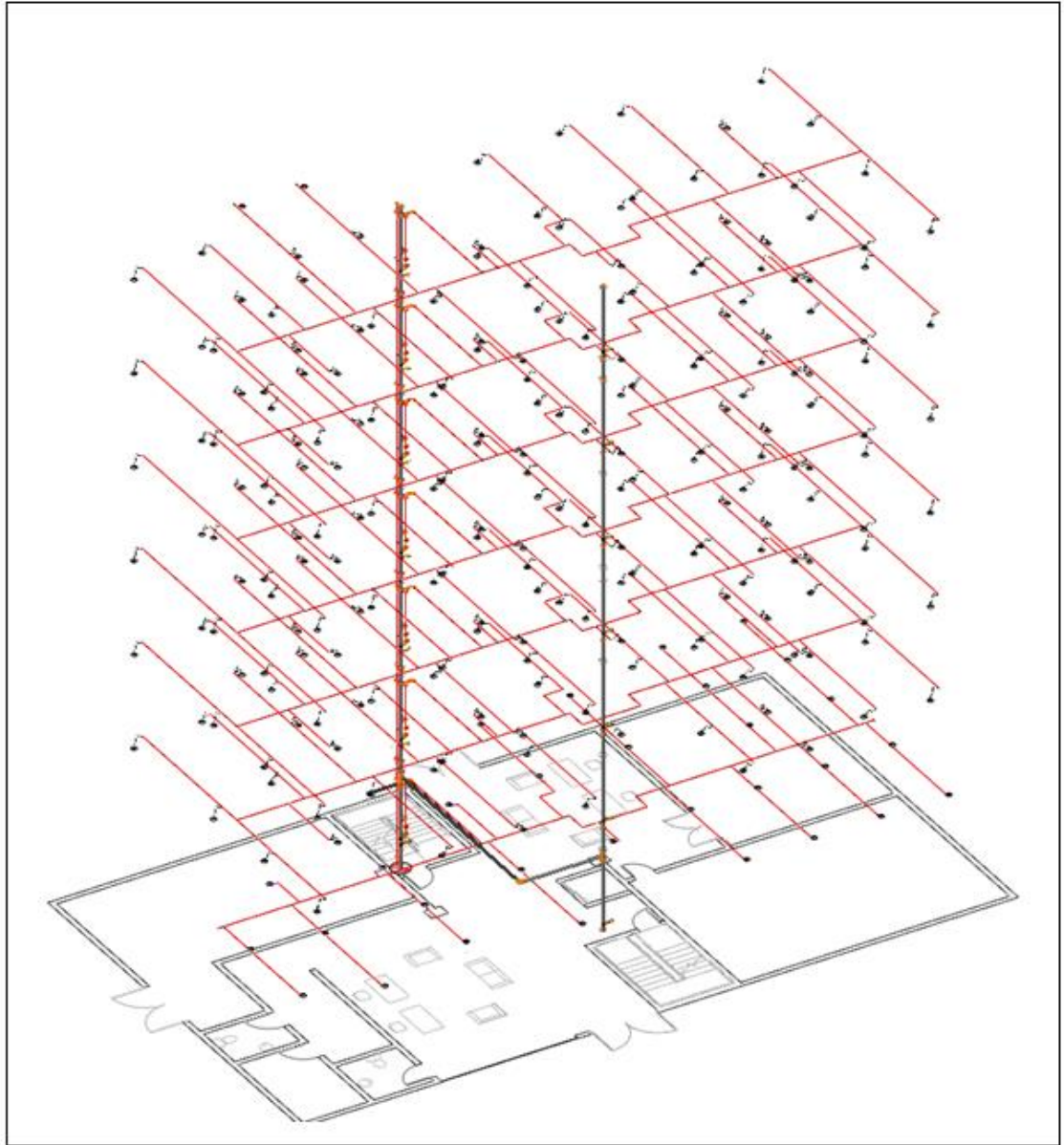
**UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ÉNFASIS EN SISTEMAS DE PROTECCIÓN  
CONTRA INCENDIOS

**GUÍA DE INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO  
PARA SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA A BASE  
DE AGUA EN CONDOMINIOS VERTICALES**

**VERSIÓN 2021**

**Figura 3.2** Extracto ejemplo de Guía de Inspección, prueba y mantenimiento para sistema de protección activa a base de agua en condominios verticales. (Elaboración Propia)



**Figura 3.3** Diseño del Sistema de Protección contra Incendios en condominio vertical.  
(Elaboración Propia)

Se indicará en las secciones a continuación los pasos realizados para la confección de las Guías y el sistema de ejemplo diseñado.

### **3.1. Diseño arquitectónico**

El primer paso que se realizó para el diseño del sistema de protección contra incendios fue conocer el modelo arquitectónico, para este caso el modelo arquitectónico fue diseñado desde cero con la finalidad de ser un paso a paso del diseño que acompañó la guía en todo el proceso.

Dentro de la información que se debe conocer está la distribución de paredes, el tipo de cielos, las obstrucciones, tipo de materiales utilizados, la distribución arquitectónica y las alturas de los componentes.

### **3.2. Clasificación de las ocupaciones**

Para iniciar el diseño, posterior a conocer la arquitectura del edificio, se debe clasificar cada ocupación según el riesgo. Dependiendo de la cantidad y tipo de combustibles presentes, las ocupaciones se pueden clasificar en 5 riesgos:

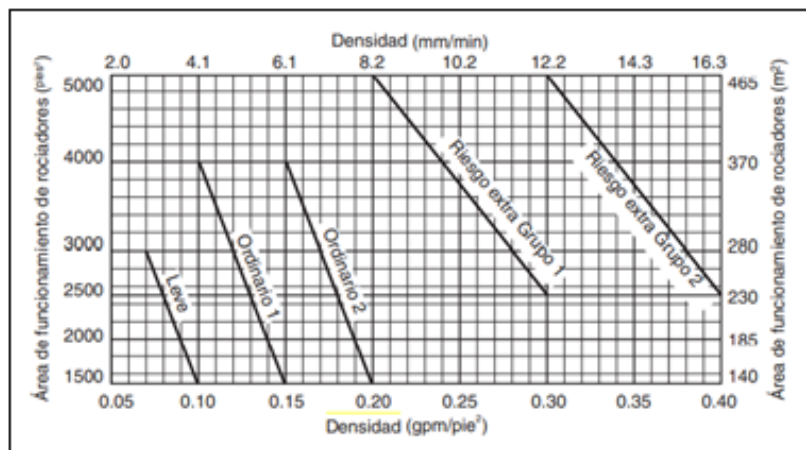
- Riesgo Ligero
- Riesgo Ordinario Grupo 1
- Riesgo Ordinario Grupo 2
- Extra-Grupo 1
- Extra-Grupo 2

Los apartamentos se consideran ocupaciones residenciales con presencia de baja cantidad de combustible y se clasifican como riesgo ligero

### 3.2.1. Curva de densidad/área

Para determinar la cantidad de caudal requerido para los rociadores, se utilizó la curva de densidad/área, este método se utiliza únicamente para rociadores pulverizadores como indica la NFPA 13 (2019). En la figura 3.4 se puede observar la curva mencionada, que indica la densidad de agua en mm/min ( $\text{gpm}/\text{pie}^2$ ) y el área de funcionamiento de los rociadores que se considera que se podrían activar en un incendio, según el riesgo que se protegió.

Para el caso de riesgos ligeros, la densidad requerida es de 4.1 mm/min ( $0.10 \text{ gpm}/\text{pie}^2$ ) para un área de  $140 \text{ m}^2$  ( $1500 \text{ pies}^2$ ), esto significa que en  $140 \text{ m}^2$  ( $1500 \text{ pies}^2$ ) debe haber un suministro de agua de  $40.9 \text{ m}^3/\text{min}$  ( $150 \text{ gpm}$ ) en el área más demandante del sistema.



**Figura 3.4** Curva de densidad/área (NFPA 13,2019).

### 3.2.2. Demanda por mangueras

Según la ocupación que se protegió, se adicionó un caudal considerando la demanda por mangueras interior y exterior cuando el sistema esté en funcionamiento, para el uso de las tomas por parte del cuerpo de bomberos. Para un riesgo ligero se debe sumar 380 L/min (100 gpm) al caudal total requerido por el sistema de rociadores. En la tabla 3.1 se puede observar la cantidad de caudal que se debe añadir dependiendo del riesgo.

Además, el sistema que se diseño debe contar con una capacidad de suministrar caudal por un tiempo determinado, que se define según el riesgo por proteger, para el caso de riesgos ligeros es de 30 minutos como se indica en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1** Requisitos de asignación para mangueras y duración del suministro de agua para sistemas calculados hidráulicamente (NFPA 13,2019).

Ocupación	Manguera interior		Manguera interior y exterior total combinada		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo leve	0, 50, o 100	0, 190, o 380	100	380	30
Riesgo ordinario	0, 50, o 100	0, 190, o 380	250	950	60-90
Riesgo extra	0, 50, o 100	0, 190, o 380	500	1900	90-120

*Nota:* Obtenida de NFPA 13 (2019)

### 3.2.3. Resumen de criterios de diseño del sistema

Como se observó anteriormente, antes de realizar el diseño se debió analizar el tipo de ocupación, a partir de esa información se determinaron varios criterios para los cálculos iniciales. En la tabla 3.2 se muestra la información resumen para un condominio vertical clasificado como riesgo ligero, tal como la densidad, área remota, caudal por mangueras y tiempo del suministro.

**Tabla 3.2** Tabla resumen criterios de diseño (Elaboración propia)

Especificación de diseño típicas		
Densidad mínima	4.1 mm/min	0.10 gpm/pies <sup>2</sup>
Área remota mínima	140 m <sup>2</sup>	1500 pies <sup>2</sup>
Caudal por mangueras	380 L/min	100 gpm
Tiempo de suministro de agua	30 min	30 min

*Nota:* Elaboración propia

### **3.3. Distribución de extintores**

Los extintores se seleccionaron según el tipo de fuego que pueda ocurrir en una ocupación residencial, adicional se realizó la distribución según la capacidad del recorrido de cada extintor y se ubicó según las consideraciones que se mencionan a continuación.

#### **3.3.1. Selección tipo de extintor**

Los tipos de fuego se pueden clasificar en cinco como ya se mencionó, según el combustible presente en el área a proteger, los cuales son: clase A, clase B, clase C, clase D, clase K.

Para realizar la selección del extintor se debe conocer el riesgo y el combustible para saber qué tipo de fuego se puede generar, para el caso de apartamentos se pueden presentar fuegos clase A, clase B y clase C, por lo que se recomienda utilizar extintores clasificación ABC.

#### **3.3.2. Ubicación del extintor**

Según el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios, los extintores se deben ubicar en las salidas de emergencia, que permita abarcar el recorrido normal del flujo de las personas. Además, se deben ubicar en lugares visibles, de fácil acceso y colocar la cantidad necesaria para cubrir toda el área, respetando las distancias de recorridos.

Los extintores, según su peso, se ubicaron de la siguiente manera:

- Extintores con peso igual o menor a 18.14 kg (40 lb): la parte superior no debe superar 1.53 m (5pies).
- Extintores con peso mayor a 18.14 kg (40 lb): la parte superior no debe superar 1.07 m (3 ½ pies).



### 3.3.3. Distancia de recorridos

La distancia de recorrido se puede definir como “La distancia real a pie desde un punto hasta el extintor más cercano que cumple con los requisitos para los riesgos” (NFPA 101, 2022). Para identificar la distancia de recorrido del tipo de extintor seleccionado, se debe conocer el riesgo presente en la ocupación. Para un riesgo ligero, considerando un fuego clase A según la tabla 3.4, la distancia máxima de recorrido es de 23 m (75pies); para un fuego clase B la distancia de recorrido es de 15.25 m (50 pies), si se implementa un extintor 10-B como se indica en la tabla 3.5. Para el caso de fuegos clase C, se deben considerar los recorridos del fuego clase A o B.

El tipo de extintor seleccionado en el paso anterior es tipo ABC, que permite proteger fuegos A, B y C; para este caso el recorrido que se debe implementar es el más crítico entre las tablas 3.4 y 3.5 para riesgos ligeros es de 15.25 m (50pies).

**Tabla 3.3** Distancias de recorrido para extintores riesgos clase A (NFPA 10, 2018).

Criterio	Ocupación riesgo ligero	Ocupación riesgo Ordinario	Ocupación riesgo Extra
Clasificación única mínima de extintores	2-A	2-A	4-A
Distancia máxima de recorrido al extintor (m)	23	23	23
Distancia máxima de recorrido al extintor (pies)	75	75	75

*Nota:* Tomado de NFPA 10 (2018)

**Tabla 3.4** Tamaño y colocación de extintores para riesgos clase B (NFPA 10 ,2018).

Tamaño y colocación de extintores para riesgos clase B			
Tipo de riesgo	Capacidad de extintor mínimo	Distancia de recorrido máxima hasta los extintores	
		pie	m
Ligero	5-B	30	9.14
	10-B	50	15.25
Ordinario	10-B	30	9.14
	20-B	50	15.25
Extra	40-B	30	9.14
	80-B	50	15.25

*Nota:* Tomado de NFPA 10 (2018)

### **3.4. Distribución de tomas clase I**

Para proteger las construcciones según las ocupaciones, adicional al sistema de rociadores es requerido según el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios y la NFPA 14 (2019) tomas clase I, clase II o Clase III en la tubería vertical.

Para el caso de edificios de gran altura se realizó la protección con tomas clase I, como indica el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios “Un sistema de montantes de Clase I debe proveer conexiones para mangueras de 2 ½ pulg. (65mm) para suministrar agua para uso de los cuerpos de bomberos y de aquellos que estén entrenados en la manipulación de grandes chorros para combate de incendios” (NFPA 14, 2019).

Se realizo la distribución de la siguiente manera:

- En las salidas de emergencia, ubicado en los descansos de los pisos principales.
- En las salidas horizontales, en cada lado de los muros adyacentes.
- En cumplimiento de los siguientes recorridos, desde la conexión de manguera hasta cualquier área del edificio.
  - Edificios protegidos por sistema de rociadores: 61m (200 pies)
  - Edificios sin protección de sistema de rociadores: 39.7m (130pies)

Además, las tomas clase I se deben colocar a una altura medida del centro de la válvula desde el NPT, entre 0.9m (3pies) a 1.5 m (5 pies).

## **3.5. Distribución de rociadores**

Una vez definido el riesgo presente en cada cuarto según su contenido, se identificó si la arquitectura a proteger es o no combustible, este concepto se define como “Material que, en la forma en la que es usado y bajo las condiciones previstas, se encenderá y quemará; material que no cumple con la definición de no combustible o de combustibilidad limitada. (SAF-FUN)” (NFPA 101, 2022).

Posterior a esto se procedió a seleccionar el rociador con el que se protegió el área. La presión operativa de cualquier rociador es de 0.5 bar (7 psi) como indica la NFPA 13 (2019), además se verificó la ficha técnica que esté listado para el riesgo presente.

Para lograr realizar la selección del rociador se analizaron los siguientes apartados:

### **3.5.1. Factor K**

Para los riesgos ligeros, no es necesario factores K muy altos debido a que la demanda de agua requerida es baja, se puede implementar un rociador con factor K de  $80\text{L}/\text{min}/(\text{bar})^{1/2}$  [ $5.6\text{ gpm}/(\text{psi})^{1/2}$ ].

Para los riesgos extras como es el caso de casa de máquinas por ser Diésel como se mencionará más adelante, se recomienda un factor mayor tal como  $K= 115,2\text{ LPM}/\text{bar}^{1/2}$  ( $8.0\text{ GPM}/\text{psi}^{1/2}$ ).

### 3.5.2. Temperatura

Conociendo la temperatura máxima del cielorraso existente en el lugar por proteger, se seleccionó un rango de temperatura que permita un correcto funcionamiento para evitar que se den falsas activaciones.

Para el caso de apartamentos con una ubicación en Costa Rica, con una temperatura ambiente promedio de 19.5 °C, se seleccionó un rociador con temperatura ordinaria en un rango entre 57°C - 77°C (135°F - 170°F).

Nota: se recomienda realizar varias pruebas para determinar la temperatura del área a diferentes horas del día.

### 3.5.3. Área por rociador

El área de cobertura máxima por rociador depende del tipo de riesgo y se determinó utilizando la fórmula 3.1, donde  $S$  es la distancia entre rociadores a lo largo de los ramales y  $L$  distancia perpendicular hasta el rociador o el siguiente ramal.

$$A_s = S \times L \quad (3.1)$$

Para el caso de riesgos ligeros el área de cobertura máxima de un rociador es de 20 m<sup>2</sup> (225 pie<sup>2</sup>). Para los riesgos restantes, el área máxima se puede observar en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5 Áreas máxima cobertura del rociador (Elaboración propia).**

Áreas máximas cobertura del rociador		
Riesgo ligero	20 m <sup>2</sup>	225 pie <sup>2</sup>
Riesgo ordinario	12 m <sup>2</sup>	130 pie <sup>2</sup>
Riesgo extra	9 m <sup>2</sup>	100 pie <sup>2</sup>

*Nota:* Elaboración propia

### **3.5.4. Cobertura**

Existen dos tipos de coberturas, estándar y extendida, esto depende del área a proteger y el criterio del diseñador. El rociador con cobertura extendida requiere mayor caudal y presión para lograr cubrir mayor área.

Para riesgo ligero se puede optar por ambas coberturas, en el caso del apartamento la que se utilizó fue cobertura estándar para no aumentar la presión del sistema, pues los rociadores de cobertura extendida cuentan con factores k de mayor valor, por lo que se requiere mayor capacidad de suministro de la bomba.

### **3.5.5. Respuesta de los rociadores**

Existe dos tipos de respuesta de los rociadores, rápida o estándar, según indica la NFPA 13 (2019). Considerando la sensibilidad térmica para un riesgo leve los rociadores deben ser de respuesta rápida. Es importante considerar que, si se diseña con respuesta rápida dentro de un área compartimentada, todos los rociadores dentro deben mantener el mismo tipo de respuesta como indica la NFPA 13 (2019).

Por esta razón para el caso de los apartamentos, las áreas de riesgo ligero se diseñaron con un rociador de respuesta rápida y en el área de casa de máquinas se diseñó con respuesta estándar.

### **3.5.6. Orientación de los rociadores**

Dentro de los rociadores existentes, se encuentran los rociadores montantes, colgantes y de muro lateral, estos se ubican dependiendo del tipo de techo por proteger.

Para el caso de los apartamentos, tienen un diseño de áreas con cielos suspendido por lo que se seleccionaron rociadores colgantes y para las áreas con losa expuesta como casa de máquinas y las bodegas se colocaron rociadores montantes.

### 3.5.7. Distancia entre rociadores

Para realizar la distribución de los rociadores, se respetaron varias distancias máximas y mínimas para lograr el correcto desarrollo del patrón de descarga, evitando de esta manera obstrucciones entre rociadores o con la estructura del edificio. Las longitudes que se respetaron fueron las indicadas en la tabla 3.6., donde se indica la distancia máxima permitida entre rociadores que no debe exceder  $4.6 \text{ m}^2$ , la distancia mínima entre rociadores es de  $1.8 \text{ m}^2$ , esto principalmente para evitar que se obstruyan el patrón de descarga y que un rociador no afecte la respuesta del otro rociador al estar tan cerca.

La distancia mínima a un muro es de  $100 \text{ mm}$  para evitar que el muro sea una obstrucción para el rociador y la distancia máxima es de  $2.3 \text{ m}^2$ . Además, la distancia del deflector del rociador al cielorraso, en una construcción no obstruida es mínimo  $25 \text{ mm}$  (1 pulg) y máximo  $300 \text{ mm}$  (1 pie<sup>2</sup>).

**Tabla 3.6** Distancias utilizadas para distribución de rociadores (Elaboración propia).

Distancias a respetar para distribución de rociadores		
Distancias máximas entre rociadores	$4.6 \text{ m}^2$	$15 \text{ pie}^2$
Distancias mínimas entre rociadores	$1.8 \text{ m}^2$	$6 \text{ pie}^2$
Distancias máximas desde un muro	$2.3 \text{ m}^2$	$7.5 \text{ pie}^2$
Distancias mínimas desde un muro	$100 \text{ mm}$	$4 \text{ in}$

*Nota:* Elaboración propia

En la tabla 3.7 se presenta un resumen de las distancias que se consideraron para la distribución de rociadores para riesgos ligeros, donde indica la cobertura máxima del rociador que no debe ser excedida y la distancia mínima y máxima entre rociadores.

**Tabla 3.7** Distancias para riesgos ligeros (Elaboración propia).

Distancias para riesgos ligeros		
Área máxima del rociador	20 m <sup>2</sup>	225 pie <sup>2</sup>
Distancias máximas entre rociadores	4.6 m <sup>2</sup>	15 pie <sup>2</sup>
Distancias mínimas entre rociadores	1.8 m <sup>2</sup>	6 pie <sup>2</sup>

*Nota:* Elaboración propia

Además, se recomienda hacer una distribución de rociadores simétrica y lo las alineada posible para logra una mayor estética visual y simplificar su construcción.



### 3.6. Distribución de tuberías

Para la distribución de las tuberías, influye en gran medida el criterio y experiencia previa de cada diseñador. Para el caso de sistemas de tubería húmeda, se puede seleccionar entre los siguientes tipos:

- Sistema de rociadores en bucle o anillo: es “Un sistema de rociadores en el que múltiples tuberías principales transversales están unidas para proveer más de un recorrido para que el agua fluya hacia otro rociador operativo y las líneas ramales no están unidas.” (NFPA 13, 2019), este tipo de sistema requiere más cantidad de tubería principal y permite optimización en la presión del sistema.
- Sistema de rociadores en malla: consiste en “Un sistema de rociadores en el que las tuberías principales transversales paralelas están conectadas por múltiples tuberías ramales, lo que provoca que un rociador operativo reciba agua desde ambos extremos de su línea ramal.” (NFPA 13, 2019). Para los sistemas en malla se recomienda diámetros de tubería para ramales no menores a 1 ¼ in.
- Sistema en árbol: “En los sistemas comunes en árbol se instala una tubería principal con solamente una trayectoria de agua para alimentar al rociador más lejano. Los cálculos y la instalación de estos sistemas pueden resultar relativamente más sencillos” (Cahuana Puma, 2017).

Al realizar la distribución de tuberías, para sistemas con rociadores colgantes con cielo suspendido se recomienda distribuir la tubería con una distancia horizontal de 300 mm (1 pie) del rociador y una distancia vertical de 300 mm (1 pie) por encima del rociador, lo que permite realizar la conexión por medio de mangueras flexibles listadas para uso en incendio de 600mm (24 pulg).

Además, con el objetivo de reducir costos realizando ingeniería, se recomienda utilizar accesorios tipo “tee” mecánicas en lugar de “tee” reductoras, siempre que se presenten diferentes diámetros entre la tubería principal y los ramales.

Se recomienda según el criterio del diseñador, evitar la utilización de cruces debido a que esto eleva el costo del proyecto. Esto se puede prevenir distribuyendo la tubería del ramal a

300 mm (1 pie) del rociador en una dirección y la otra sección de tubería a 300 mm (1 pie) en dirección contraria, lo que permite que entre las tuberías que formarían la cruz quede una distancia de 600 mm, de esta manera se pueden remplazar las cruces por dos “tee”.

### 3.6.1. Cédula para ocupaciones de riesgo leve

Para asignar los diámetros a la tubería, se debe conocer la demanda del sistema que se realiza por medio del cálculo hidráulico. Sin embargo al ser un valor no conocido, no se tienen los diámetros requeridos, por lo que se utilizó como una primera iteración el método de cédulas de tuberías para dimensionar sus diámetros. Para un riesgo ligero, como se observa en la tabla 3.8, una tubería que alimenta dos rociadores debe ser de 25mm (1pulg), si alimenta tres debe ser de 32mm (1 ¼ pulg), y de esta manera, como se observa en la tabla, los diámetros van cambiando conforme aumentan la cantidad de rociadores.

El diámetro de la tubería debe ir variando según la cantidad de rociadores ubicados únicamente dentro de un área, si un ramal alimenta tres rociadores ubicados en diferentes áreas, la tubería que alimenta tales rociadores puede ser dimensionada 25mm (1pulg) debido a que no afectara la demanda del sistema.

Posterior a esto se debe realizar optimización de diámetros, al realizar el cálculo hidráulico y obtener un resultado de presión se variaron los diámetros para lograr disminuir los valores anteriormente obtenido.

**Tabla 3.8** Cédulas de tuberías para riesgo leve (NFPA 13, 2019).

	Acero	Cobre		
		pulg.	mm	
1 pulg. (25 mm)	2 rociadores	1 pulg.	25 mm	2 rociadores
1¼ pulg. (32 mm)	3 rociadores	1¼ pulg.	32 mm	3 rociadores
1½ pulg. (40 mm)	5 rociadores	1½ pulg.	40 mm	5 rociadores
2 pulg. (50 mm)	10 rociadores	2 pulg.	50 mm	12 rociadores
2½ pulg. (65 mm)	30 rociadores	2½ pulg.	65 mm	40 rociadores
3 pulg. (80 mm)	60 rociadores	3 pulg.	80 mm	65 rociadores
3½ pulg. (90 mm)	100 rociadores	3½ pulg.	90 mm	115 rociadores
4 pulg. (100 mm)	Ver Sección 4.5	4 pulg.	100 mm	Ver Sección 4.5

*Nota:* Tomado de NFPA 13 (2019)

### 3.7. Distribución de soportería

La soportería es requerida en todas las tuberías para localizarlas, protegerlas y dar soporte al sistema, con la finalidad de brindarle rigidez y flexibilidad. La flexibilidad se la brindan los acoples flexibles y la rigidez los soportes sísmicos que se encargan de “Minimizar el daño manteniendo la tubería rígida mientras esté soportado al edificio haciendo que se mueva como una sola unidad” (Baja Desing Engineering, 2021).

#### 3.7.1. Soportes colgantes

Para soportar la tubería, se consideraron soportes colgantes que están “diseñados para sostener cinco veces el peso de la tubería llena de agua, mas 225kg (250lb) en cada uno de los puntos de soporte de la tubería” (NFPA 13, 2019).

La distribución de los soportes colgantes debe realizo tomando en consideración el diámetro de la tubería sostenida, y se indicaron en toda la tubería (incluyendo tubería principal y ramales).

Para la distribución de soportes colgantes, se utilizó la información de la tabla 3.9, la cual indica la distancia máxima entre soportes colgantes, según el diámetro y el material de esta. Para el caso analizado se utilizaron las distancias asignadas a tubería de acero excepto de pared delgada roscada.

**Tabla 3.9** Distancias máximas entre soportes colgantes (m) (NFPA 13, 2019).

	Tamaño nominal de tubería (mm)											
	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200
Tubería de acero, excepto de pared delgada roscada	NA	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Tubería de acero de pared delgada roscada	NA	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	NA	NA	NA	NA	NA
Tubo de cobre	2.4	2.4	3.0	3.0	3.7	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
CPVC	1.7	1.8	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	NA	NA	NA	NA	NA
Tubería de hierro dúctil	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.6	NA	4.6	NA	4.6	4.6

NA: No aplicable.

*Nota:* Tomado de NFPA 13 (2019)

### 3.7.2. Soportería sísmica

Las tuberías de SPCI debe ser soportadas para “resistir las cargas sísmicas horizontales tanto laterales como longitudinales y evitar el movimiento vertical resultante de las cargas sísmicas” (NFPA 13, 2019). Además, se encarga de soportar las fuerzas en tensión y compresión y se deben colocar en todas las tuberías principales independientemente del tamaño, en las tuberías de ramales si el diámetro es igual o mayor 65mm (2 ½ pulg).

Para el caso de la distribución de soportería en la tubería se realizó de la siguiente manera:

- Soportería lateral

La distancia entre soportes laterales se colocó según el diámetro de la tubería y la cantidad de ramales soportados, además se realizó la distribución a lo largo de la tubería principal a una longitud que cumpla con el cálculo de soportería, siempre y cuando el valor no supere 12 m (40 pies) debido a que es el distanciamiento máximo entre centros. Se colocó un soporte al final de la tubería, respetando una distancia máxima de 1.8 m (6 pies) desde el extremo final al soporte.

- Soportería longitudinal

Para el caso de soportes longitudinales, estos se encargan de soportar el peso de la tubería principal, se colocaron a una distancia máxima de 24 m (80pies) y posteriormente ser verificados por medio del cálculo hidráulico.

Se permite que los soportes longitudinales, ubicados a menos de 600mm (24 pulg), hagan la función de un soporte lateral y viceversa. Además, colocó un soporte al final de la tubería, respetando una distancia máxima de 12 m (40 pies) desde el extremo final al soporte.

- Soportería cuatro vías (montantes)

Los soportes de cuatro vías se colocaron en las tuberías verticales o montantes, a una distancia vertical que no exceda 7.6m (25 pies) entre soportes. Se puede omitir la soportería en tuberías verticales con una longitud menor a (2.1m) 7 pies.

En la tabla 3.10 se puede observar un resumen de las distancias máximas entre soportes con la que se realizó la distribución para una primera iteración, y posteriormente se verificó la distribución por medio de un programa de cálculo sísmico el cual se mencionará más adelante.

**Tabla 3.10** Resumen de distancias máximas entre soportes (Fuente propia).

<b>Tipo de soporte</b>	<b>Distancia máxima entre soportes (m)</b>	<b>Distancia máxima entre soportes (ft)</b>
Lateral	12	40
Longitudinal	24	80
Cuatro vías	7.6	25

*Nota:* Fuente propia

Dentro de los alcances de este proyecto no se encuentra el procedimiento el cálculo de soportería sísmica, por lo que se recomienda al lector revisar la información al respecto consultando la NFPA 13 capítulo 19.

### **3.8. Cálculo hidráulico**

Una vez que se realizaron los pasos anteriores, se realizó el cálculo hidráulico que permitió determinar los diámetros óptimos y así conocer la demanda de los sistemas en caudal y presión. Posteriormente con estos datos se definió la bomba que suministra al sistema.

En la consideración para el cálculo hidráulico está que el diámetro mínimo de tubería es de 25mm (1 pulg.) para tuberías de acero ASTM A53.

#### **3.8.1. Área remota**

El cálculo hidráulico se realizó desde el rociador más alejado hidráulicamente “hasta el punto efectivo del suministro de agua donde se conocen las características del suministro de agua” (NFPA 13, 2019, p.322) esto quiere decir que se debe realizar, hasta el punto de suministro del sistema correspondiente a la bomba.

La ubicación del área de diseño se definió considerando los lineamientos de la figura 3.1, en la cual se indica el área según el riesgo y la densidad. Además,

cada rociador del área de diseño y el resto del sistema diseñado hidráulicamente deben descargar a una tasa de flujo al menos igual a la tasa de aplicación de agua (densidad) mínima estipulada multiplicada por el área de funcionamiento de los rociadores. (NFPA 13, 2019, p.325)

Se ubico el área en la sección que se considera hidráulicamente más alejada en el último nivel, para un riesgo ligero como el considerado en los apartamentos u ocupaciones residenciales. El área de diseño fue de 140 m<sup>2</sup> (1500 pies<sup>2</sup>).

Utilizando las ecuaciones 3.2, 3.3 y 3.4 se determinó la cantidad mínima de rociadores requeridos dentro del área de diseño para la demanda hidráulica. Sin embargo, siempre se debe verificar que el área cumple con el mínimo.

$$\begin{array}{l} \text{Total de rociadores} \\ \text{que se van a calcular} \end{array} = \frac{\text{Area de diseño}}{\text{Area por rociador}} \quad (3.2)$$

$$\begin{array}{l} \text{Total de rociadores} \\ \text{que se van a calcular} \end{array} = \frac{140 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2} \quad (3.3)$$

$$\begin{array}{l} \text{Total de rociadores} \\ \text{que se van a calcular} \end{array} = 7 \text{ rociadores} \quad (3.4)$$

Para calcular la cantidad de rociadores en cada línea ramal, se utilizaron las ecuaciones 3.5, 3.6 y 3.7, utilizando un valor de  $A$  igual al área de diseño para los apartamentos, la cual corresponde a  $140 \text{ m}^2$ , y  $d$  la distancia entre rociadores en línea ramal, para este caso la distancia entre rociadores fue de  $4.42 \text{ m}$ .

$$\text{Cantidad de rociadores en línea ramal} = \frac{1.2 \sqrt{A}}{d} \quad (3.5)$$

$$\text{Cantidad de rociadores en línea ramal} = \frac{1.2 \sqrt{140 \text{ m}^2}}{4.42 \text{ m}} \quad (3.6)$$

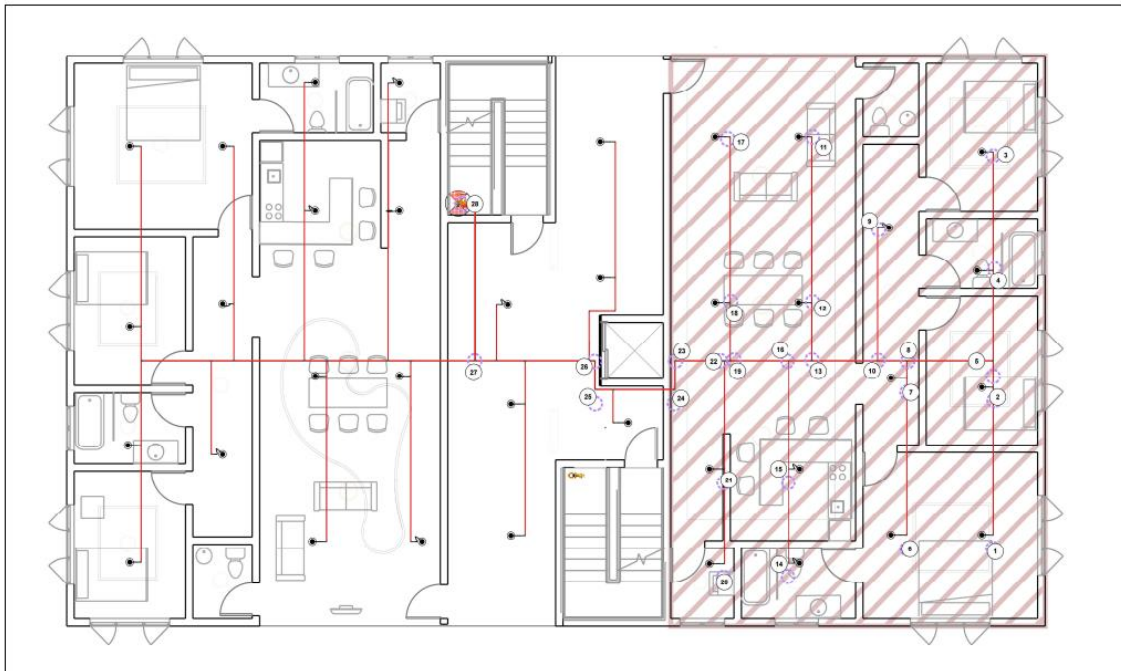
$$\text{Cantidad de rociadores en línea ramal} = \frac{1.2 \sqrt{140 \text{ m}^2}}{4.42 \text{ m}} \quad (3.7)$$

$$\text{Cantidad de rociadores en línea ramal} = \frac{1.2 \sqrt{140 \text{ m}^2}}{4.42 \text{ m}} \quad (3.8)$$

Como resultado dio 3,2 rociadores por ramal, sin embargo, este valor obtenido siempre se debe redondear al valor superior por lo que se seleccionaron 4 rociadores por ramal.

Donde, el *Área de diseño* calculado en m<sup>2</sup> se obtiene de la figura 3.4 correspondiente a un riesgo ligero y el *área por rociador* calculado en m<sup>2</sup> se obtiene de la table 3.9, esto nos permite conocer la mínima cantidad de rociadores que debe cubrir el área remota.

El área remota se definió considerando el apartamento considerado más alejado del montante, y se abarcaron 140 m<sup>2</sup> (1500 ft<sup>2</sup>) desde el ultimo rociador conectado hasta cubrir el área del apartamento como se observa en la figura 3.5, para el caso que el área del apartamento sea menor al área de diseño, se debe extender por el pasillo hasta cumplir con el área mínima.



**Figura 3.5** Distribución del área rematada en ultimo nivel apartamento más demandante (Fuente propia).



Posteriormente, se asignaron los nodos que se analizaron para conocer, el caudal, la presión y las pérdidas en cada uno.

Los nodos se ubicaron en diferentes puntos de la tubería y rociadores según los siguientes criterios:

- En cada rociador del área remota de diseño
- Los puntos donde ocurren cambios de diámetros
- Los tramos de tubería donde ocurren cambios de cédulas
- En los puntos donde existe un cambio de altura del sistema de rociadores
- En cada cambio en el material o características de la tubería
- En el equipo de suministro de agua del sistema contra incendios

Se debe considerar que el rociador físicamente más alejado no necesariamente es el hidráulicamente más demandante, por lo que se deben definir varias zonas hidráulicas y realizar cálculos independientes.

### **3.8.2. Cálculo de caída de presión**

Luego de asignar los nodos y el área de diseño, se realizó el cálculo hidráulico utilizando una hoja de cálculo electrónico en el programa Excel, donde se calculó y se sumaron las pérdidas totales, pérdidas por elevación y las pérdidas por fricción de las tuberías, por medio de la ecuación 2.5 de Hazen Williams para sistema Inglés o 2.4 para sistema internacional.

Para el valor del flujo  $Q$ , se debe indicar el flujo (en el caso de la hoja utilizada, en unidades de galones por minuto) que fluye en el nodo analizado. El valor para utilizar para el diámetro interno de la tubería depende del tipo de cédula, diámetro y el material, y se puede obtener en la tabla 3.11.

El coeficiente de pérdida por fricción depende del material de la tubería e indica la rugosidad de la tubería.

**Tabla 3.11** Diámetros internos para tuberías según el material (Luis Flores, s.f).

Diámetro	Material					
	Acero Ced 10	Acero Ced 30	Acero Ced 40	Acero Ced 80	Acero Recubierto	PVC C900 Clase 235
1 1/2	1,682	1,65	1,61	1,5	ND	ND
2	2,157	2,125	2,067	1,935	ND	ND
2 1/2	2,635	ND	2,469	2,315	ND	ND
3	3,26	ND	3,068	2,9	ND	ND
4	4,26	ND	4,026	3,82	ND	4,23
6	6,357	ND	6,065	5,766	6,27	6,09
8	8,249	8,071	7,981	7,625	8,38	7,98
10	10,37	10,14	10,02	9,57	10,39	11,1
<b>Factor C</b>	120	120	120	120	140	150
<b>Ajuste Acces.</b>	1	1	1	1	1,33	1,51

*Nota:* Obtenido de Luis Flores (s.f).

Para obtener la presión por fricción en libras por pulgada cuadrada *psi*, se multiplicó la resistencia friccional ecuación 2.5 en *psi/pie de tubería* por un valor de longitud, generado por la suma de la longitud de la tubería analizada y la longitud equivalente generada por la pérdida en los accesorios en *pies*, este valor se obtiene por medio de la tabla 3.14 de longitudes equivalentes de tubería de acero cedula 40.

Para el caso de las tuberías con una cédula diferente a cédula 40 o con un material con un factor C diferente a 120, se debe multiplicar la longitud equivalente por un ajuste por cada uno, de la siguiente manera:

### **Ajuste por cédula diferente a 40**

Para realizar este ajuste se utilizó la ecuación 3.9, donde el *Diámetro interno real* corresponde al diámetro de la tubería de la cédula considerada en el diseño (cédulas 10, 30, 80 entre otros), el *Diámetro interno de la tubería de acero Cédula 40* se obtiene de la tabla 3.12.

$$\left( \frac{\text{Diámetro interno real}}{\text{Diámetro interno de tubería de acero Cédula 40}} \right)^{4.87} = \text{Factor} \quad (3.9)$$

**Tabla 3.12** Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula 40 (NFPA 13, 2019).

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresadas en pies (metros) equivalentes de tubería														
	½ pulg. (15 mm)	¾ pulg. (20 mm)	1 pulg. (25 mm)	1¼ pulg. (32 mm)	1½ pulg. (40 mm)	2 pulg. (50 mm)	2½ pulg. (65 mm)	3 pulg. (80 mm)	3½ pulg. (90 mm)	4 pulg. (100 mm)	5 pulg. (125 mm)	6 pulg. (150 mm)	8 pulg. (200 mm)	10 pulg. (250 mm)	12 pulg. (300 mm)
Codo 45°	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	13 (4)
Codo estándar 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo de giro largo 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
En T o cruz (flujo con giro 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa	—	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de compuerta	—	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Interruptor de flujo de tipo paleta	—	—	6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	—	30 (9.1)	—	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Válvula de retención a clapeta*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Note: Se incluye información sobre tuberías de ½ pulg. en esta tabla solamente porque se permiten en las Secciones 29.4 y 29.5.

\*Debido a la variación en el diseño de las válvulas de retención a clapeta, los equivalentes de tubería indicados en esta tabla son considerados promedio.

*Nota:* Tomado de NFPA 13 (2019)

## Ajuste por factor C diferente a 120

Para realizar este ajuste, se multiplica la longitud equivalente por el factor multiplicador indicado en la tabla 3.15, según el valor de C.

**Tabla 3.13** Multiplicador de valores C (NFPA 13, 2019).

Valor de C	100	130	140	150
Factor multiplicador	0.713	1.16	1.33	1.51

Nota: Estos factores se basan en que la pérdida por fricción a través del accesorio sea independiente del factor C disponible para las tuberías.

*Nota:* Tomado de NFPA 13 (2019)

### **3.8.3. Cálculo hidráulico de rociadores**

Para el caso de los rociadores, el caudal en el primer nodo corresponde al rociador más demandante del sistema dentro del área de diseño. Se consideró una presión operativa por rociador de 0.5 bar (7 psi) y se utilizó la ecuación 2.8 con un rociador con factor  $k$  de 5.6, se obtuvo como resultado un caudal de 56.06 l/min (14.81 gpm). Este valor se toma como el caudal inicial para el resto del cálculo hidráulico. Posteriormente, se indicó el diámetro real de la tubería respectivo según el diámetro nominal y su cédula. Además, se indicó los accesorios que influyen en el tramo analizado y se determinó la longitud equivalente de cada uno.

### **3.8.4. Cálculo hidráulico de tomas clase I**

Para el caso de tomas clase I, el cálculo hidráulico se realizó analizando la toma más demandante con un caudal de 1136.5L/min (250 gpm) y una presión de 6.89 bar (100 psi), Se sumó un caudal de 1136.5L/min (250 gpm) en la siguiente toma más demandante en el mismo montante, y 1136.5L/min (250 gpm) por cada montante adicional, hasta un máximo de 4546 L/min (1000 gpm). Las pérdidas por longitud, pérdidas totales y por fricción se calcularon por medio del procedimiento de cálculo correspondiente, utilizando la ecuación 2.5 de Hazen Williams.

### **3.8.5. Diámetros óptimos**

Para determinar los diámetros óptimos se debió realizar el cálculo hidráulico tanto de rociadores como de tomas clase I. Como se mencionó anteriormente, para una primera iteración se utilizó el método de cédulas para las tuberías ramales.

Para tuberías verticales se utilizó un solo diámetro en toda su longitud, con un diámetro mayor o igual a 100mm (4 pulg). Una vez definidos estos diámetros, se realizó el cálculo hidráulico, adicionando el caudal por mangueras mencionados anteriormente, y se iteraron los diámetros hasta lograr obtener un valor de presión adecuada.

Además, las tuberías, accesorios y rociadores se fabrican con un límite de presión, para el caso de los rociadores es de 12.1 bar (175 psi), por lo que se recomienda no sobrepasar este valor en la optimización de diámetros.

### **3.9. Cálculo sísmico**

Dentro de este documento no se abordará la explicación para realizar el cálculo sísmico, pero se brindarán recomendaciones sobre el programa informático que permite realizarlo.

#### **3.9.1. Programa de cálculo para arriostres antisísmicos**

Una vez colocada la distribución de arriostres antisísmicos en la posición correcta para restringir el movimiento de la tubería principal como de los ramales, se procedió con el cálculo sísmico, al existir variedad de software se optó por realizarlo utilizando el programa informático de un fabricante y no de manera manual, esto debido a que esto permite optimizar el tiempo del cálculo. Para este caso específico se usó TOLBrace de EATON, por decisión del diseñador, sin embargo, existen varias aplicaciones de diferentes fabricantes que permiten realizar el cálculo, como por ejemplo Caddy de nVent.

### 3.10. Selección de la bomba

La selección de la bomba se realizó una vez se tuvo definido el caudal y la presión requerida para que funcione el sistema, permitiendo que el equipo de bombeo lleve el agua hasta el área más remota con la presión necesaria, para que los rociadores puedan controlar el incendio. Estos datos se obtienen del cálculo hidráulico una vez que se determinaron los diámetros óptimos.

Además, se determinó la longitud de la columna de la bomba OAL (overall pump length) con las dimensiones del tanque para realizar la selección de la bomba.

La selección de la bomba se puede realizar de manera en línea utilizando programas con este enfoque, se opta esta forma debido a que se necesita la referencia física de un equipo existente en el mercado. En el caso de este proyecto, se realizó tomando como referencia el facilitado por el fabricante Armstrong (2023) Pumps.

Los datos requeridos para la selección del sistema de bombeo fueron:

- Caudal nominal (gpm)
- Cabeza de presión (psi)
- Longitud de la columna de la bomba O.A.L (ft) (para el caso de bombas turbina vertical)
- Tipo de motor
- Ciclo de calentador del motor Diesel (Hz) (para el caso de bombas con este motor)
- Tipo de pared del tanque Diésel (para el caso de bombas con este motor)
- Temperatura ambiente (°C)
- Altitud del lugar donde se instalará el equipo

### **3.10.1. Cálculo de ventilación**

Existen diferentes tipos de fabricantes que, facilitan por medio de un software el cálculo de la ventilación, debido a que el sistema de bombeo cuenta con un motor del fabricante Clarke, se utiliza la calculadora disponible en su sitio en internet: Pump Room Calculators ([clarkefire.com](http://clarkefire.com)), al ingresar los datos de la bomba seleccionada, brinda la información del caudal de ventilación que requiere el motor en cfm requeridos para el sistema. De esta manera se realizó el cálculo de ventilación para la bomba seleccionada.



# CAPÍTULO 4

## 4. Resultados y discusión

En este capítulo se explicaron y analizaron los resultados obtenidos en el desarrollo del diseño de un SPCI para un condominio vertical por medio de dos guías, una guía de diseño que brinda las herramientas para realizar un diseño desde cero y una guía de mantenimiento que permite conocerlas pruebas, inspecciones y mantenimiento que se deben realizar para garantizar su operación a lo largo de la vida útil.

### 4.1. Modelo del condominio Vertical Revit

Para realizar la elaboración de un diseño de SPCI en un condominio vertical de apartamentos, se requirió una distribución arquitectónica por medio de un modelo estructural con planos en 2D, que permite conocer la distribución del edificio a diseñar con sus respectivos niveles.

Se elaboró un modelo de condominio vertical en 3D desde cero, con seis niveles, incluyendo áreas comunes, 3 bodegas, el área destinada a casa de máquinas y dos apartamentos por cada nivel, en el cual se planteó con cielos suspendidos y losa, incluyendo varias obstrucciones consideradas las más comunes, para que sirviera de ejemplo en la utilización de la guía de diseño realizada, utilizando la aplicación Revit de Autodesk

A continuación, se puede observar en la figura 4.1 el modelo arquitectónico elaborado de un condominio vertical, con el cual se elaboró la guía de diseño para realizar el SPCI con el fin de implementarse como un ejemplo práctico, para cada persona que desee implementar la guía tengan un modelo de práctica.



**Figura 4.1** Condominio vertical fachada principal. (Elaboración propia)

En la siguiente figura 4.2 se observa una vista trasera del condominio vertical, en la cual se puede observar las áreas con las que colinda el edificio, principalmente el área de parqueos, además se logra observar la cantidad de pisos y los cielos suspendidos.



**Figura 4.2** Condominio vertical fachada trasera

## **4.2. Guía de Diseño**

Con el fin de recopilar en una sola fuente de información los requerimientos para un diseño de un sistema de protección contra incendios, que incluya las diferentes normativas e información práctica que no se incluye en estas, y juntamente con el diseño de un SPCI, se elaboró la “Guía de diseño para sistemas de protección activa a base de agua en condominios verticales”, la cual se adjunta al presente documento en el anexo A.1.

Esta guía permite no solo conocer el paso a paso de realizar un diseño, sino que brinda un ejemplo práctico de un condominio vertical con el modelo arquitectónico mencionado,

Además, en la guía se analizaron conceptos como obstrucciones y las omisiones y errores de diseño más comunes, para las cuales se abordaron soluciones y recomendaciones aprovechando la utilización del modelo arquitectónico como ejemplo. Esta información se espera que ayude a comprender aspectos específicos de las diferentes normativas y brinde ayuda a los profesionales en el abordaje del diseño de casos similares, y que de esta forma se disminuya la problemática de la gran cantidad de observaciones realizadas por el BCBCR durante el proceso de revisión de planos.

### **4.2.1. Tabla dimensionamiento de tanques**

A continuación, se muestra la tabla 4.1 con diferentes opciones de dimensionamiento para tanques de reserva de agua para la protección contra incendios, para los caudales de suministro más usados, indicados tanto en L/min como en galones por minuto, donde se indicaron tres tiempos de descarga en minutos, el resultado del volumen requerido en galones y el volumen en m<sup>3</sup> de los tanques.

Esta tabla permite optimizar el tiempo de trabajo en el cálculo del tanque requerido con la información brindada, así como brindar una conceptualización inicial del volumen requerido durante las etapas iniciales de diseño.

**Tabla 4.1** Tabla dimensionamientos del tanque según el caudal. (Elaboración propia)

Tabla Dimensionamiento del tanque				
Caudal GPM	Caudal L/min	tiempo de descarga minutos	Volumen galones	Volumen m <sup>3</sup>
500	1,892	30	15000	56,8
		60	30000	113,6
		90	45000	170,3
750	2,839	30	22500	85,2
		60	45000	170,3
		90	67500	255,5
1000	3,785	30	30000	113,6
		60	60000	227,1
		90	90000	340,7
1250	4,731	30	37500	141,9
		60	75000	283,9
		90	112500	425,8
1500	5,677	30	45000	170,3
		60	90000	340,7
		90	135000	511,0
2000	7,570	30	60000	227,1
		60	120000	454,2
		90	180000	681,3
2500	9,462	30	60000	227,1
		60	120000	454,2
		90	180000	681,3

Elaboración propia

#### 4.2.2. Tabla de áreas en m<sup>2</sup> para tanque

En la tabla siguiente se presentan diferentes áreas en m<sup>2</sup> para el diseño de tanques según los diferentes caudales implementados comúnmente en los SPCI, calculados con tres alturas diferentes de tanques, lo que permite al profesional diseñador conocer de antemano el espacio en planta requerido según un volumen de almacenamiento dado.

**Tabla 4.2** Tabla de áreas según el caudal requerido. (Elaboración propia)

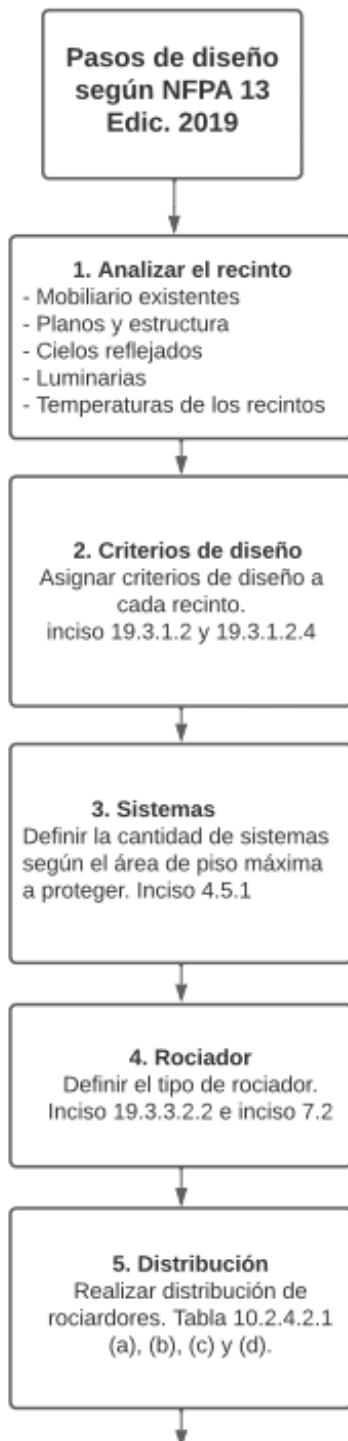
Tabla áreas m <sup>2</sup> según caudal			
Caudal m <sup>3</sup> versus Altura m	2,5 m	3 m	3,5 m
56,8	23	19	16,2
85,2	34,2	28,4	24,4
113,6	45,5	38	32,5
141,9	57	47,3	40,6
170,3	68,2	56,8	48,7

Elaboración propia

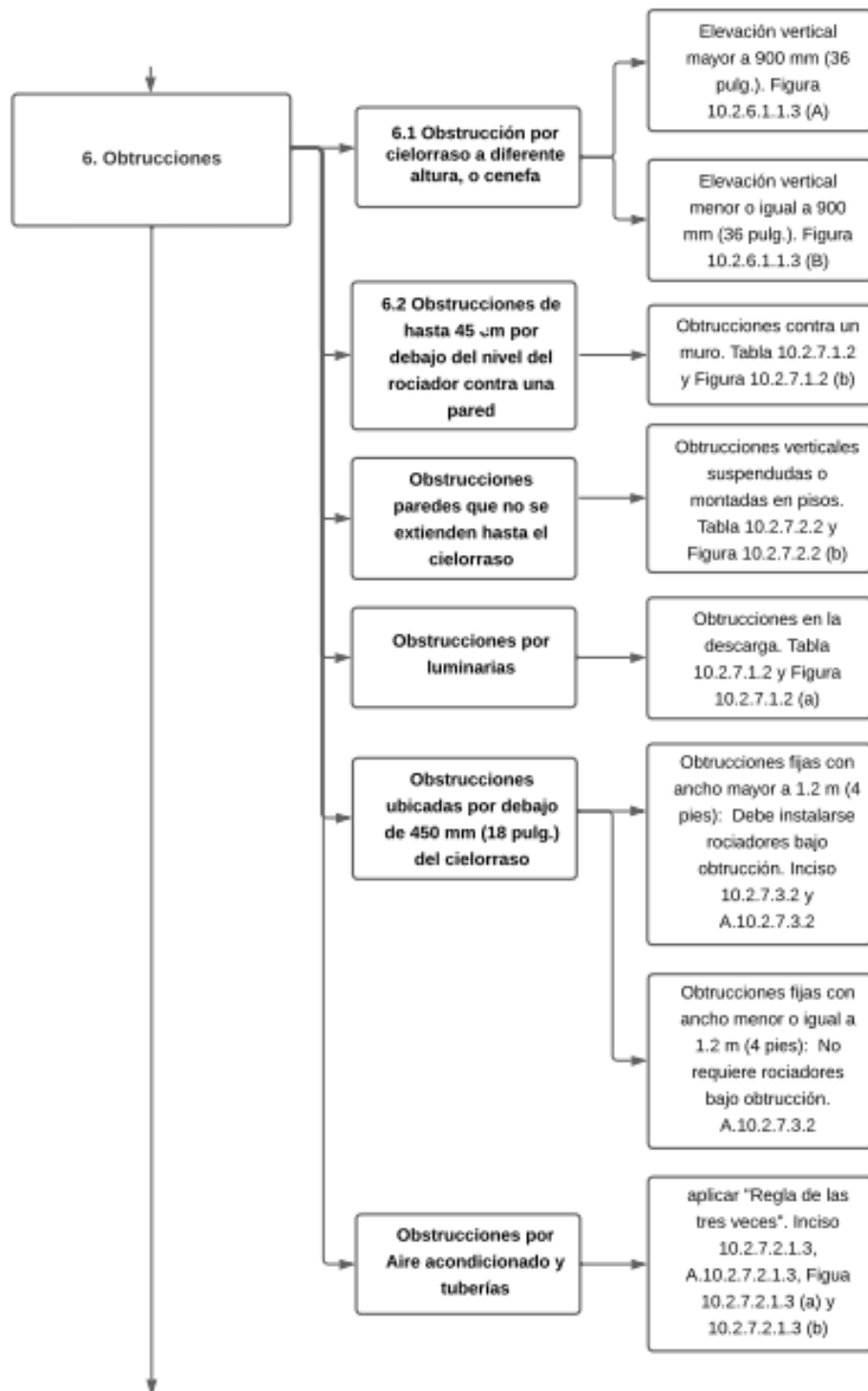
### **4.2.3. Diagrama de flujo pasos de diseño**

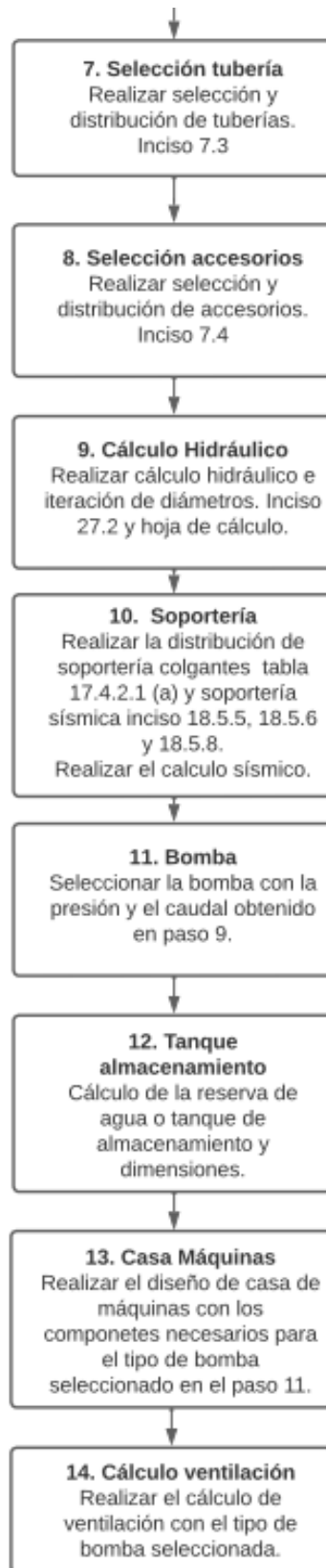
Para complementar la guía y facilitar el diseño se elaboró un diagrama de flujo, donde se propone un orden lógico de diseño de los diferentes factores involucrados según la NFPA, el cual se observa en la figura 4.3.

En este se indica la línea de acción que se recomienda trabajar, los elementos principales a analizar en el modelo arquitectónico, los apartados de referencia para ubicación de los diferentes criterios de diseño, la cantidad de sistemas requeridos según el área a proteger, selección del tipo de rociador, las áreas de diseño para la distribución de rociadores, las obstrucciones más comunes y como solucionarlas, selección de la tubería, selección de accesorios, calculo hidráulico, soportería, selección de la bomba, tanque de almacenamiento, casa de máquinas y cálculo de ventilación.









**Figura 4.3** Diagrama de flujo de diseño. (Elaboración propia)

### **4.3. Planos**

Para el modelo arquitectónico mencionado en 4.1, se realizó un diseño completo del SPCI del condominio. Se inició generando un plano de la clasificación de los riesgos según la normativa NFPA 13, el cual se muestra en el anexo B.1, donde se logró determinar el riesgo de cada área, como áreas comunes, bodegas y los apartamentos. Además, se determinaron los criterios de diseño, como el área de cobertura de los rociadores, el tipo de rociador utilizado en cada zona, la demanda de mangueras según el riesgo y la duración que debe cumplir el sistema.

Posteriormente, se realizó la distribución de extintores, verificando que cumplan con los requisitos mínimos como las distancias, tipo de extintor y ubicación. Además, se indicaron los recorridos en la distribución arquitectónica del condominio con su respectiva simbología según la NFPA 170, lo cual se observa en el anexo B.2.

De la misma manera se elaboró la distribución de tomas clase I, como se observa en el anexo B.3, respetando los lineamientos correspondientes, tales como las distancias, tipo de válvula con su respectivo caudal y presión, los cuales permitieron realizar el cálculo hidráulico para conocer la demanda del total de este sistema.

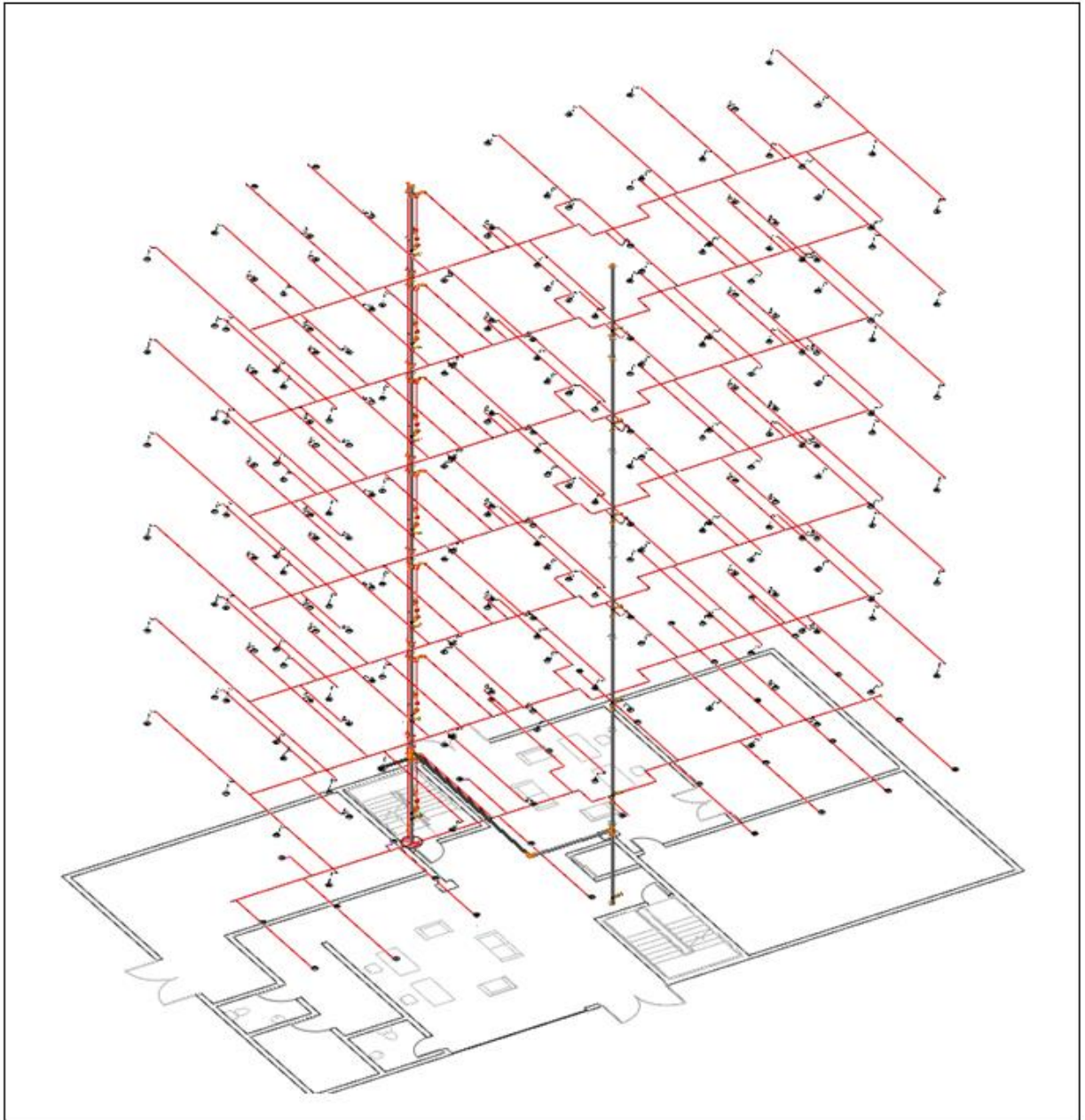
Se procedió con la distribución del sistema de rociadores para el primer nivel, donde se encuentra la recepción, unas bodegas. Para la planta típica para los cinco niveles restantes, que cuenta con dos apartamentos por nivel, se realizó el diseño del sistema de protección contra incendios completo, se analizó y brindo solución a las diferentes obstrucciones presentes en el modelo de condominio como por ejemplo cambios en las alturas de cielo, diferentes tipos de cielos suspendidos y losas, cenefas, iluminarias entre otros, contemplando la distribución de paredes y realizando la primer propuesta de diámetros de tubería para ramales y tubería principal, accesorios y ubicación de riser como se puede observar en el anexo B.4.

#### **4.4. Isométrico del SPCI**

Con la distribución de rociadores, tubería y accesorios en cada nivel se realizó un modelo isométrico del SPCI completo, el cual se muestra a continuación en la figura 4.4. Tomando como referencia al equipo de bombeo, las tuberías principales del sistema se conectan con los montantes ubicados en cada una de las escaleras de emergencia. Estas tuberías verticales son del tipo combinadas (alimentan tanto al sistema de rociadores como a las tomas de manguera) y cuentan con un conjunto de válvulas, que permiten el control de piso de cada nivel. La tubería vertical de la escalera #1 alimenta a los sistemas de rociadores de cada nivel, mientras que la tubería ubicada en la escalera #2 alimenta únicamente tomas clase I.

En este isométrico se puede observar el modelo del diseño de manera integral, para todos los niveles del edificio, con su respectiva distribución de ramales.

Adicionalmente, se generó un documento IFC el cual permite combinar el modelo del SPCI con el modelo arquitectónico y poder observar ambos modelos superpuestos, permitiendo comparar el sistema de Incendios y las obstrucciones arquitectónicas.



**Figura 4.4** Isométrico del sistema de Protección contra Incendios. (Elaboración propia)

## 4.5. Cálculo de sistema de rociadores

Para realizar el cálculo del sistema de rociadores se elaboró una hoja de cálculo en el programa Excel, aplicando las diferentes ecuaciones mencionadas anteriormente, tales como cálculo del factor K, longitud equivalente de los accesorios, corrección de las longitudes para tuberías diferentes a cédula 40, pérdida por fricción de todo el sistema, y la presión generada por cambio de altura por la columna de agua.

Por medio de estas ecuaciones se logró definir los diámetros óptimos, como se puede observar en la tabla 4.3, y con esto obtener el caudal y la presión requeridos por el sistema por medio de la ubicación del área remota, para que en caso de un incendio el sistema supla de manera correcta la demanda requerida.

**Tabla 4.3** Diámetros óptimos. (Elaboración propia)

Selección de tubería (in)	
Ramales	1
Tubería principal	1,25 y 2
Tubería vertical	4

*Nota:* Fuente propia

El valor obtenido del caudal en gpm y la presión en psi para el sistema de rociadores se puede observar en la tabla 4.4. Además, el desarrollo del cálculo completo se puede observar del anexo C.1 al anexo C.4 para llegar a los valores indicados en la tabla.

**Tabla 4.4** Presión y caudal requeridos por el sistema de SPCI. (Elaboración propia)

Datos del Sistema	
P	101,1
Q	323,60

*Nota:* Fuente propia

#### 4.6. Cálculo del sistema de tomas Clase I

Para el caso del cálculo de las tomas, el cálculo se realiza de igual manera que el de rociadores, utilizando la hoja de cálculo de Excel, con la cual se determinó el caudal y la presión del sistema de tomas clase I, como se observa en la tabla 4.5. Además, en el anexo D.1 se presenta el desarrollo del cálculo.

**Tabla 4.5** Demanda hidráulica del sistema de tomas Clase I. (Elaboración propia)

Datos del Sistema	
P	142,7
Q	750,00

*Nota:* Fuente propia

Para definir el requerimiento del sistema total, una vez obtenidos los valores de caudal y presión del sistema de tomas y del sistema de rociadores, se seleccionó el sistema con mayor valor de ambos.

## 4.7. Diseño de casa máquinas

En el siguiente paso, se realizó el diseño de la casa de máquinas en la ubicación destinada para tal uso, donde se agregaron todos los componentes necesarios para el sistema de bombeo, como se observa en los anexos E.1 y E.2, entre los que se incluyen el tanque de diésel, paneles de control, toma de succión del tanque, siamesa de inyección, bomba y motor, placa anti-vórtice, cabezal de pruebas, válvulas como la de prueba y drenaje, baterías. Además, se realizó la respectiva distribución de rociadores de casa máquinas.

Se realizó el dimensionamiento del tanque de agua como se observa en la tabla 4.6, con las medidas correspondientes a ancho, largo, profundidad de agua útil y volumen total.

**Tabla 4.6** Dimensiones del tanque. (Elaboración propia)

Dimensiones del tanque	
Ancho (m)	5,48
Largo (m)	9,91
Profundidad de agua util (m)	2,10
Volumen util (m <sup>3</sup> )	114,04

La distribución de longitudes del tanque se presenta en el anexo E.2, y el dimensionamiento del cárcamo se diseñó como se observa en el anexo E.3. Se consideraron dos opciones para realizar el mantenimiento de la bomba: la utilización de una grúa que pueda elevarla desde su posición a una más accesible, o un diseño del cárcamo lo suficientemente grande que permita realizar el mantenimiento sin necesidad de mover la bomba. Para este caso se optó por realizar el diseño, debido a que genera mayor facilidad de mantenimiento, reducción de costos y se evita poner el riesgo un componente tan importante como lo es la bomba.

Además, para el caso del cabezal de prueba se optó por un retorno al tanque para no perder caudal y evitar dañar alguna propiedad. Es importante aclarar que, para este proyecto, al estar enfocado en SPCI, se optó por considerar el tanque de agua exclusivo para el sistema de incendios. Este requiere una reserva de agua total de 102,3 m<sup>3</sup> (22500 galones) como se indica en la tabla 4.7, donde indica la demanda del caudal más alta correspondiente al sistema de tomas Clase I de 2840 l/min (750 gpm), con una reserva de agua de 30 minutos.



**Tabla 4.7** Reserva de agua total del tanque. (Elaboración propia)

Reserva de agua total	
Demanda en (gpm)	750,00
Tiempo de reserva (min)	30
Reserva de agua total (galones)	22500
Reserva de agua total (m <sup>3</sup> )	102,3

*Nota:* Fuente propia

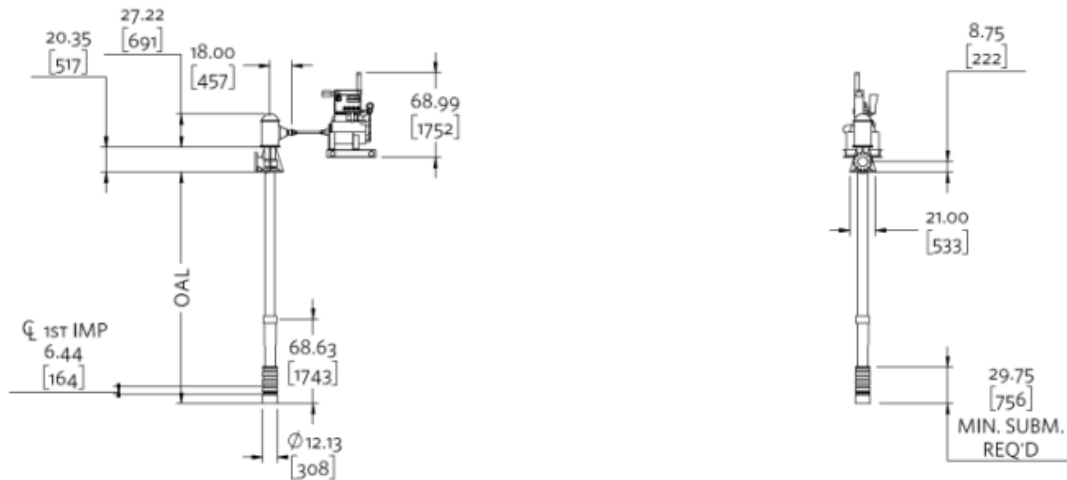
#### **4.8. Selección de la bomba y equipo de bombeo**

Una vez definidos los diámetros óptimos, el caudal, la presión y la medida del OAL, se realizó la selección de la bomba y el equipo de bombeo de la marca ARMSTRONG con las características indicadas en la tabla 4.8 y como se ilustra en la figura 4.5, el cual brinda una ficha técnica de la bomba seleccionada y el comportamiento de la curva, para ver el funcionamiento de esta, como se observa en el anexo F.

**Tabla 4.8** Datos del equipo de bombeo seleccionado.

Características del equipo de bombeo	
Modelo	VT 8x12M VTF-113 hp
Caballos de Fuerza	96.71
Tamaño de columna	8 in
Velocidad	1770 RPM
Peso del motor	1654 lb
Diámetro tubería de succión	8 in

*Nota:* Obtenido de Armstrong



**Figura 4.5** Bomba Turbina vertical. (Armstrong)

## 4.9. Cálculo de ventilación

Es requerido un sistema de ventilación correspondiente a cada equipo de bombeo que permita un funcionamiento en óptimas condiciones, para este caso se realizó el cálculo de ventilación con el fabricante Clarke por medio de la página web como se indicó anteriormente.

Este cálculo dio como resultado 493 m<sup>3</sup>h (290 CFM) correspondientes a flujo de aire de combustión más 2514.52 m<sup>3</sup>h (1,480 CFM) por flujo de radiación de calor, estos valores dan como resultado 3007 m<sup>3</sup>h (1,770 CFM) totales como se puede observar en el anexo G, este dato se requiere para realizar el diseño de la extracción de aire.

#### **4.10. Cálculos sísmicos**

Para el cálculo de arriostres antisísmicos, se utilizó el programa brindado por el fabricante TOLBrace de EATON y se analizaron los soportes laterales y longitudinales en todas las tuberías principales de cada nivel con diámetros de 32 mm (1 ¼ pulg.), 40 mm (1 ½ pulg.), 50 mm (2 pulg.) y 100 mm (4 pulg) correspondientes al diámetro del montante principal. Los resultados de dicho análisis se presentan en los anexos H.1 al H.6.

#### **4.11. Guía de mantenimiento**

Con el objetivo de disminuir los fallos de los SPCI se realizó una guía de Inspección, prueba y mantenimiento enfocada en el condominio vertical, que permita a la persona encargada ser parte de los procedimientos necesarios para un buen mantenimiento del sistema de manera completa como se observa en el anexo I.1.

Esta guía se elaboró con la finalidad de conocer los tiempos y que tipos de mantenimiento, inspecciones o pruebas se le deben realizar al sistema ya instalado, además se acompañó con listas de chequeo que permite llevar un orden cronológico de cada uno de los procesos según tiempo de aplicación en el cual se debe realizar, estas listas de chequeo se adjuntan del anexo I.2 al I.11.

# CAPÍTULO 5

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

Se logro obtener la información requerida para elaborar un diseño de ejemplo de un sistema de protección contra incendios en un condominio vertical, donde se llevó a cabo la clasificación de riesgos (que para este caso corresponde a un riesgo ligero por ser una ocupación residencial), determinación del tipo de rociador, tiempos de reserva de agua y tipos de sistemas. Esta información se utilizó para ejemplificar los pasos analíticos que se deben llevar a cabo para realizar un diseño de sistema fijo contra incendios a base de agua. Asimismo, se indicaron y se mostraron ejemplos de uso de las ecuaciones que necesarias para el cálculo hidráulico de tomas y rociadores.

Se obtuvieron, a partir del análisis de datos de la información facilitada por el BCBCR, las observaciones más comunes a diseños, las cuales versan sobre la una distribución inapropiada de rociadores con situaciones tales como coberturas incompletas y rociadores obstruidos por luminarias, paredes o cenefas.

A partir de los datos anteriores, se dio énfasis a estas observaciones para dar recomendaciones y soluciones para este tipo de situaciones en un diseño a través de la guía de diseño, tanto con obstrucciones como de la cobertura de los rociadores, y que se deben proteger las áreas comunes al igual que las privadas considerando el riesgo presente en cada una, con el tipo de rociador indicado y soportería requerida en cada tubería principal existente.

La guía de diseño, que se encuentra en el anexo A.1 de este documento, se elaboró de la mano de un modelo arquitectónico de condominio vertical diseñado desde cero en Revit con diferentes tipos de obstrucciones que según la investigación se consideran las más comunes, que sea utilizado como una práctica para implementar la guía enfocados en todo el diseño y dando énfasis en la solución de las obstrucciones mencionadas. Adicional a esto se logró realizar el SPCI de manera completa en el software AutoSPRINK el cual permite una mayor visualización y aprendizaje para implementar la guía.

Se recalca la importancia de un adecuado mantenimiento, dado que del análisis de datos llevado a cabo para realizar este trabajó se encontró que gran cantidad de errores que evitan

el adecuado funcionamiento del sistema se deben a situaciones repetitivas tales como pintura aplicada a los rociadores, golpes, obstrucciones una vez instalado el sistema, omisión de rociadores, entre otras causas. Adicional a esto, se determinó la importancia de darle seguimiento a los sistemas una vez instalados, idealmente por un ente regulador que verifique que los procedimientos de pruebas, inspección y mantenimiento sean llevados a cabo de forma periódica, pues en el país esto no está reglamentado en la actualidad. Para colaborar a disminuir este problema, se crearon listas de revisión, las cuales se pueden encontrar en el Anexo I.1 que permite facilitar la inspección, mantenimiento y las pruebas según su prioridad para los encargados de este tipo de edificios. Esto debido a que, aunque la información se encuentra disponible en normas como NFPA 20 y NFPA 25, no todas las personas tienen acceso a estos documentos, y además la información es bastante extensa e incluye sistemas y componentes que no necesariamente son utilizados en una edificación de uso residencial, por lo que su síntesis en esta guía se considera valiosa para una mejor comprensión.

Para realizar el cálculo hidráulico de los sistemas de rociadores automáticos y tomas clase I, se elaboró una hoja de cálculo en Excel que permitió ampliar el conocimiento para el paso a paso del cálculo, sin embargo, se realizó de esta manera por la limitante de no contar con un software especializado de cálculo hidráulico dentro de las herramientas disponibles, debido a su elevado costo monetario. Esta hoja electrónica se pone a disposición de los interesados, de tal manera que para futuros proyectos es posible utilizarla para simplificar el cálculo y disminuir la posibilidad de error.

Dentro de los asuntos pendientes que no estaban dentro del alcance de este proyecto y que pueden ser realizados para fomentar el conocimiento en una nueva línea de investigación en sistema de protección contra incendios, son las secciones de protección activa como el sistema de detección y alarma, y para la sección de protección pasiva tales como medios de egreso, distancia de recorridos, iluminación y señalización de emergencia, compartimentación, barreras cortafuego, aberturas verticales, control del humo y acabados interiores. Además, no se incluyó el cálculo de la losa de casa maquinas ni de la parte civil del tanque de agua.

## Referencias bibliográficas

- NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers. (2018). NFPA. Retrieved June 20, 2023, from <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=10>
- NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. (2019). NFPA. Retrieved June 20, 2023, from <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>
- NFPA 24: Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances. (2019). NFPA. Retrieved June 20, 2023, from <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=24>
- NFPA 25: Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems. (2020). NFPA. Retrieved June 20, 2023, from <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=25>
- Advance Security & fire Protection service. (2014). Tres sistemas de rocaidores mas comunes. Obtenido de <http://advancedsfp.com/sprinklers-2/>
- Ahrens, M. (s.f de Julio de 2017). U.S Experince with Sprinklers. Obtenido de National Fire Protection Association: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Suppression/US-Experience-with-Sprinklers>
- Ahrens, M. (Octubre de 2021). Obtenido de <https://www.nfpa.org/-/media/files/news-and-research/fire-statistics-and-reports/suppression/ossprinklers.pdf>
- Anchundia V., F., Nieto C., A., & Ocaña C., E. (s.f.). Diseño de un sistema de protección contra incendios en una planta envasadora de gas licuado de petroleo.
- Blanco Duarte , M. Á., & Martínez Jamaica , J. F. (2016). Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13961/4/TRABAJO%20DE%20GRADO%20RCI.pdf>
- Bomberos Costa Rica. (2020). Reglamento Nacional de protección contra incendios .

- Garzón, J. D. (3 de octubre de 2010). Slideshare. Obtenido de [https://es.slideshare.net/david\\_15987/normas-y-estandares-5348968](https://es.slideshare.net/david_15987/normas-y-estandares-5348968)
- Ingenieria de Bomberos. (2021). Proyectos tramitados .
- Lopez Manga, L. J., & Marin Gomez, E. A. (2019). Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/35780/LopezMangaLeidyJohana2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nationa Fire Protection Assosiation. (2019). NFPA 14.
- National Fire Protection Association. (2019). NFPA 20. Obtenido de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=20>
- National Fire Protection Association. (s.f de s.f de 2021). Reporter´s Guide: About codes and standart. Obtenido de <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/Press-Room/Reporters-Guide-to-Fire-and-NFPA/About-codes-and-standards>
- NFPA 101. (2022, August 10).Codigo de Seguridad Humana. www.nfpa.org. Retrieved February 4, 2023, from <https://link.nfpa.org/free-access/publications/101-ES/2018>
- nuñez, R. J. (28 de diciembre de 2016). Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/sabescu%C3%A11-es-la-diferencia-entre-un-c%C3%B3digo-est%C3%A1ndar-una-medina>
- Sotelo, J. (2016). Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/35780/LopezMangaLeidyJohana2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sutel Superintendencia de Telecomunicaciones. (s.f de s.f). Estudio de Mercado. Obtenido de [https://sutel.go.cr/sites/default/files/propuesta\\_estudio\\_de\\_mercado.pdf](https://sutel.go.cr/sites/default/files/propuesta_estudio_de_mercado.pdf)
- Kolteck. (2015). Proyectos contra Incendios. <https://www.youtube.com/@KoltekMX>
- Cahuana Puma, V. L. (2017). "IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO DE 500 GPM A 135 PSI. CONDOMINIO OCEAN REFF SAN BARTOLO". Repositorio UNAC. Retrieved February 4, 2017, from

[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3332/Cahuana%20Pu  
ma\\_TITULO%20MECANICO\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3332/Cahuana%20Pu%20ma_TITULO%20MECANICO_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

IIAR. (2020, November 3). Las tuberías en un sistema de protección contra incendios NFPA 13 y NFPA 24. YouTube. Retrieved February 11, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=207Rh81f1Ck>

APTB & Fundacion MAPFRE. (s.f, s.f s.f). Incendios en vivienda. AprendEmergencias. Retrieved February 12, 2023, from <https://www.aprendemergencias.es/incendios/incendios-en-vivienda/>

NFPA 1: Fire Code. (2021). NFPA. Retrieved February 17, 2023, from <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1>

Baja Desing Engineering. (2021, February 16). Soportes SISMICOS: LONGITUDINAL y LATERAL. YouTube. Retrieved February 23, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=dpYkrNiz-9E>

AVK Válvulas, S.A. (n.d.). ¿Qué es y dónde se utiliza la válvula de retención? AVK Válvulas. Retrieved April 1, 2023, from <https://www.avkvalvulas.com/es-es/m%C3%A1s-informaci%C3%B3n-y-soluciones/caracter%C3%ADsticas-de-los-productos/v%C3%A1lvulas-de-retenci%C3%B3n/introducci%C3%B3n-a-las-v%C3%A1lvulas-de-retenci%C3%B3n>

VCP Válvulas y conexiones del pacífico. (n.d.). ▷ Válvula OS&Y ✓✓ VCP SAC. Válvulas y Conexiones del Pacífico. Retrieved April 1, 2023, from <https://vcpsa.com/productos/valvula-osy/>

Armstrong. (2023). ADEPT Select. adept.armstrongfluidtechnology. <https://adept.armstrongfluidtechnology.com/armstrongcpq#/Adept/ProductSelection>

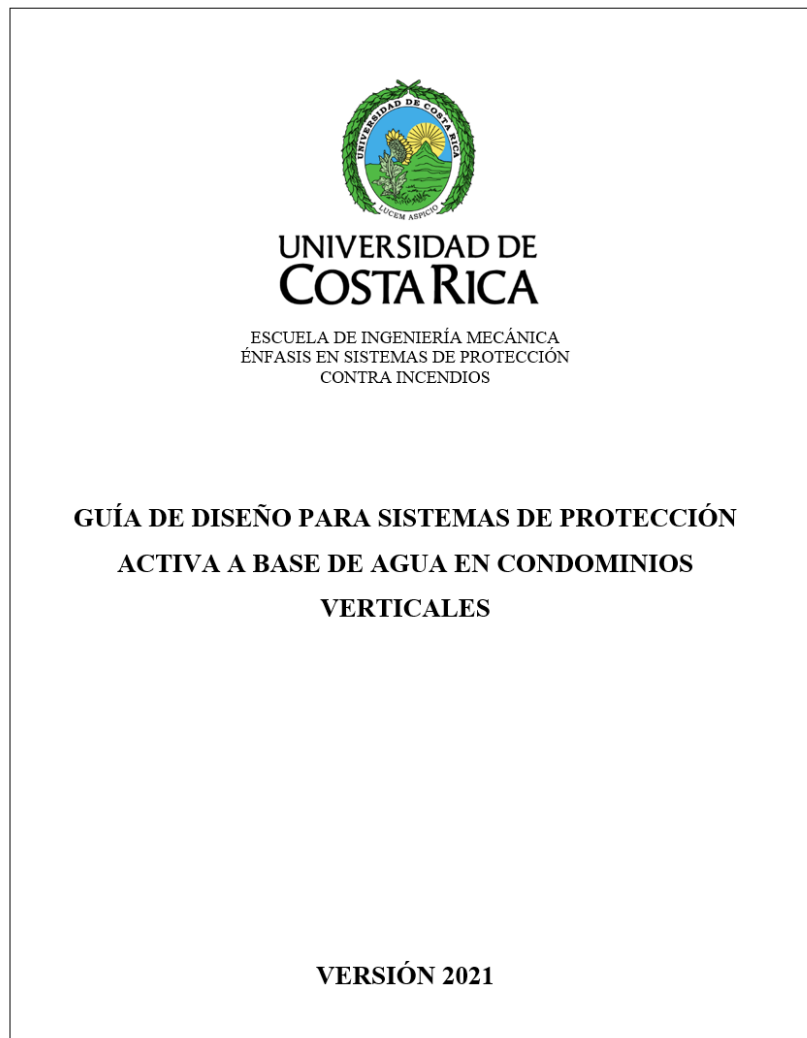


## 6. Anexos

### **Anexo A Guía de diseño para sistemas de Protección contra incendios.**

#### **Anexo A. 1 Guía de diseño.**

El documento presente, es la guía de diseño elaborada que brinda la información necesaria para realizar un diseño de PCI paso a paso, además ejemplifica de manera practica el diseño, como el caso de las obstrucciones más comunes se ejemplifican y solucionan a modo de ejemplo en la guía, se indica como realizar la clasificación, selección del rociador ya sea montante o colgante, la distribución de rociadores, selección de tubería y accesorios, cálculos hidráulicos, distribución de soportería, diseño del tanque de agua y casa de máquinas.



Elaboración propia

## Anexo B Planos

### Anexo B. 1 Planos distribución de riesgos.

Planos de la distribución arquitectónica en 2D, con una tabla que incluye la clasificación de riesgos de cada zona, a la densidad correspondiente a cada riesgo, el tipo de rociador seleccionado, la demanda de mangueras y la duración correspondiente a la reserva de agua.



Elaboración propia

## Anexo B. 2 Plano distribución de extintores.

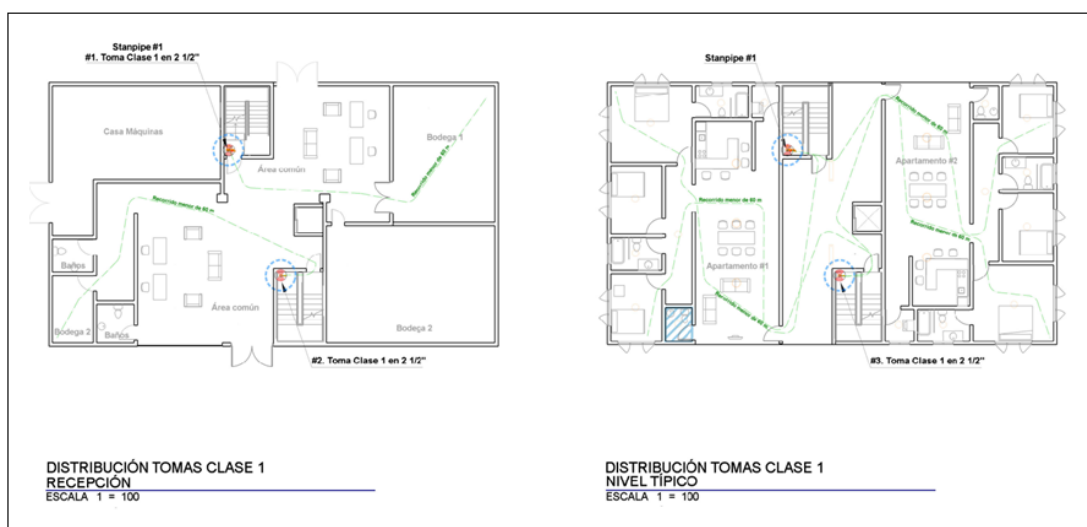
En el plano a continuación mostrado se observa la distribución de extintores en la recepción, bodegas, casa de máquinas y en el nivel típico de apartamentos con su respectiva distribución de recorridos y ubicación.



Elaboración propia

## Anexo B. 3 Planos de distribución de tomas clase I

En el anexo C3 se observa el plano correspondiente a la distribución de tomas clase I con la distribución de recorridos y ubicación del riser, para el nivel de recepción y nivel típico de apartamentos.

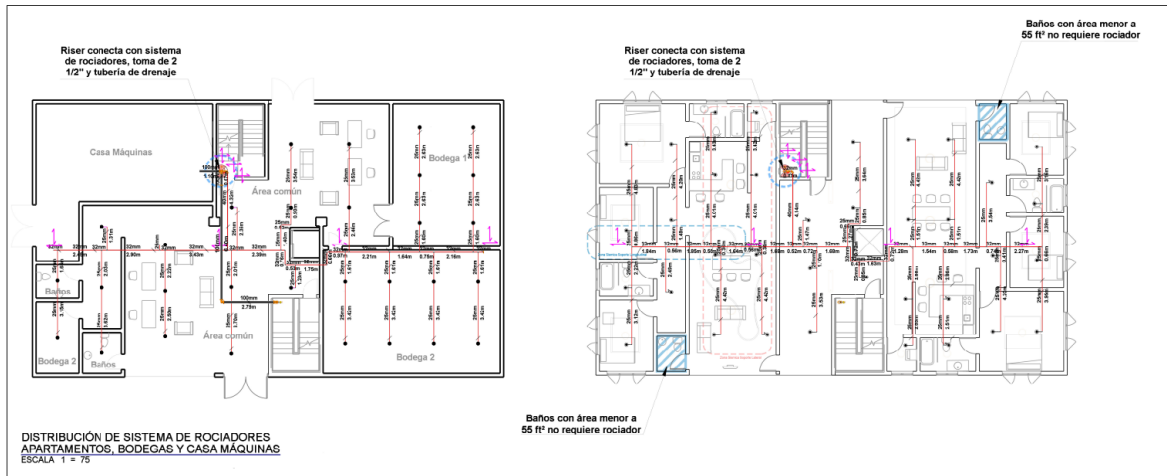


Elaboración propia

## Anexo B. 4 Plano con distribución de rociadores.

Para la distribución de rociadores se implementó rociadores colgantes para las áreas con cielo suspendido como los apartamentos y áreas comunes, con una cobertura de 20 m<sup>2</sup> (225 ft<sup>2</sup>), para las áreas con losa se implementaron rociadores montantes como las bodegas y casa de máquinas con áreas de 12 m<sup>2</sup> (130 ft<sup>2</sup>) y 9.3 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>).

Además, se demuestra la distribución según la cobertura máxima por rociador, tuberías, y accesorios.



Elaboración propia

## Anexo C Cálculo hidráulico de rociadores

En esta sección E se presentan los cálculos realizados en la hoja de Excel para obtener la demanda hidráulica del sistema de rociadores y del sistema de tomas clase I, como presión y caudal, que permite realizar la selección del equipo de bombeo.

### Anexo C. 1 Criterios de diseño para cálculo de sistema de rociadores.

En esta sección se determine el riesgo, la densidad requerida, el área remota, el área de cobertura por cada rociador y la demanda por mangueras adicional.

**PASO 1:** Criterios de diseño  
Seleccionar en la casilla naranja el riesgo correspondiente a el area a proteger

Riesgo	Ligero	Area por rociador
Densidad gpm/ft <sup>2</sup>	0,1	
Área ft <sup>2</sup>	1500	
Área por rociador ft <sup>2</sup>	225	
Mangueras gpm	100	

**PASO 2:** Determinar área hidráulicamente más demandante  
Ingresar en la casilla naranja el area en m<sup>2</sup> a proteger para determinar el area el ft<sup>2</sup>

Área m <sup>2</sup>	Área ft <sup>2</sup>
100	1076,39

**PASO 3:** cantidad de rociadores por área

Área por rociador	Cantidad de rociadores requeridos
225	6,7

Nota: para el caso de la cantidad de rociadores se debe realizar un redondeo hacia arriba. Por ejemplo: si la cifra es de 6.7 rociadores se debe redondear a 7

Elaboración propia

## Anexo C. 2 Calculo hidráulico sistema de rociadores.

Calculo hidráulico del nodo 1 al nodo 10, en esta sección se agregó la distancia por elevación, pérdida por accesorios, caudal, longitudes equivalentes, factor C, tipo de diámetro, cedula de la tubería y la presión tanto por elevación como por fricción.

**PASO 4:** Para realizar el cálculo hidráulico es necesario realizar una distribución de los nodos a evaluar

PASO	Nodo	Elev 1 (ft)	Factor k	q + (gpm)	D nominal (in)	Accesorios	L (ft)	Material	Total (P <sub>2</sub> )	NOTAS	
	Nodo	Elev 2 (ft)		Q (gpm)	Tubería		F (ft)	Factor C	Elev (P <sub>2</sub> )		
				D real (in)			T (ft)	Pf/pie (psi)	Fricción (P <sub>2</sub> )		
PASO 5	1	80	5,6	14,8	1		13	120	7,8		
	2	80	5,6	14,8	Acero cedula 40		0		0		
					1,05		13	0,074	0,965		
PASO 6	2	80	5,6	15,80	1		2,2	120	8,8	Aux 3 a 5	
	5	80	0	30,60	Acero cedula 40		0		0		
					1,05		2,2	0,285	0,6		
PASO 7	5	80	9,01	26,40	1,25		7,6	120	8,8	Aux 6 a 8	
	8	80	0	57,00	Acero cedula 40		0		0		
					1,38		7,6	0,238	1,8		
PASO 8	8	80	9,8	31,6	1,25		2,4	120	10,4	Aux 9 a 10	
	10	80	0	88,60	Acero cedula 40				0		
					1,38		2,43	0,537	1,3		

PASO	Nodo	Elev 1 (ft)	Factor k	q + (gpm)	D nominal (in)	Accesorios	L (ft)	Material	Total (P <sub>2</sub> )	NOTAS	
	Nodo	Elev 2 (ft)		Q (gpm)	Tubería		F (ft)	Factor C	Elev (P <sub>2</sub> )		
				D real (in)			T (ft)	Pf/pie (psi)	Fricción (P <sub>2</sub> )		
PASO 9	10	80	5,17	17,7	1,25		5,7	120	10,4	Aux 11 a 13	
	13	80	0	106,30	Acero cedula 40		0		0		
					1,38		5,7	0,753	4,3		
PASO 10	13	80	9,3	35,7	1,25		2,1	120	14,7		
	16	80	0	142,00	Acero cedula 40				0		
					1,38		2,1	1,286	2,7		
PASO 11	16	80	8,8	38,6	1,25		5,2	120	17,4		
	19	80	0	180,60	Acero cedula 40		0		0		
					1,38		5,2	2,006	10,4		
PASO 12	19	80	9,3	43,0	1,25		2,0	120	27,8		
	22	80	0	223,60	Acero cedula 40				0		
					1,38		2	2,978	6,0		

PASO	Nodo	Elev 1 (ft)	Factor k	q + (gpm)	D nominal (in)	Accesorios	L (ft)	Material	Total (P <sub>2</sub> )	NOTAS	
	Nodo	Elev 2 (ft)		Q (gpm)	Tubería		F (ft)	Factor C	Elev (P <sub>2</sub> )		
				D real (in)			T (ft)	Pf/pie (psi)	Fricción (P <sub>2</sub> )		
PASO 13	22	80	0	223,6	2	1 te	27,0	120	39,8		
	27	80	0	223,60	Acero cedula 40	4 codo	30		0		
					2,067		57,0	0,416	23,7		
PASO 14	27	80	0	223,6	2,5		14,0	120	57,3		
	28	80	0	223,60	Acero cedula 10		0		0		
					2,635		14	0,128	1,8		
PASO 15	28	80	0	223,6	2,5	3 codos	7,3	120	59,3		
	29	73,3	0	223,60	Acero cedula 10	1 check	54		2,9011		
					2,635	1 mariposa	61,3	0,128	7,8		
PASO 16	29	73,3	0	223,6	4	2 tee	68,2	120	70,0		
	30	5	0	223,60	Acero cedula 10		52,7		29,5739		
					4,26		120,9	0,012	1,5		
										101,1	

### **Anexo C. 3 Datos del sistema de rociadores.**

En este cuadro se observa el resultado obtenido a través de la realización del cálculo hidráulico, donde se muestra que la presión requerida por el Sistema corresponde a 101.1 psi y el caudal corresponde a 325.60 gpm en el cual ya se incluyó el adicional por mangueras.

Datos del Sistema	
P	101,1
Q	323,60

Elaboración propia

### **Anexo C. 4 Diámetros óptimos.**

En la siguiente tabla se presenta los diámetros óptimos seleccionados, una vez realizado el cálculo hidráulico.

Selección de tubería (in)	
Ramales	1
Tubería principal	1,25 y 2
Tubería vertical	4

Elaboración propia

### Anexo D. 1 Cálculo hidráulico de Tomas Clase I.

De igual manera como se realizó el cálculo de rociadores, se realizó el Sistema de tomas, considerando la toma más demandante con un caudal de 946.35 l/min (250 gpm) y una presión de 6.89 bar (100 psi), adicionando la siguiente toma más demandante, mas 946.35 l/min (250 gpm) por cada riser adicional.

PASO	Nodo 1	Elev 1(ft)	q + (gpm)	D nominal (in)	Accesorios	L (ft)	Material	Total (P <sub>t</sub> )	NOTAS
	Nodo 2	Elev 2 (ft)	Q (gpm)	Tubería		F (ft)	Factor C	Elev (P <sub>s</sub> )	
				D real (in)		T (ft)	Pf/pipe (psi)	Fricción (P <sub>f</sub> )	
PASO 1	1	73,1	250	2,5	válvula de ángulo tee	1	120	100,0	
	2	73,1	250	Acero cedula 10		59		0	
				2,635		60		0,157	9,414
PASO 2	2	73,1	0,00	4		11,6	120	109,4	
	3	61,7	250,00	Acero cedula 10		0	4,9362		
				4,26		11,6	0,015	0,2	
PASO 3	3	61,7	250,00	4	tee	50,4	120	114,5	
	4	11,3	500,00	Acero cedula 10		26,3	21,8232		
				4,26		76,7	0,055	4,2	
PASO 4	4	11,3		4	V.mariposa codo tee	34,3	120	140,5	
	5	11,3	500,00	Acero cedula 10		55,3	0		
				4,26		89,6	0,055	4,9	
PASO 5	5	80	250,0	6	2 tee v. mariposa check	1,0	120	140,5	
	Bomba	80	750,00	Acero cedula 10		128,2	0		
				6,357		129,2	0,016	2,1	
								142,7	

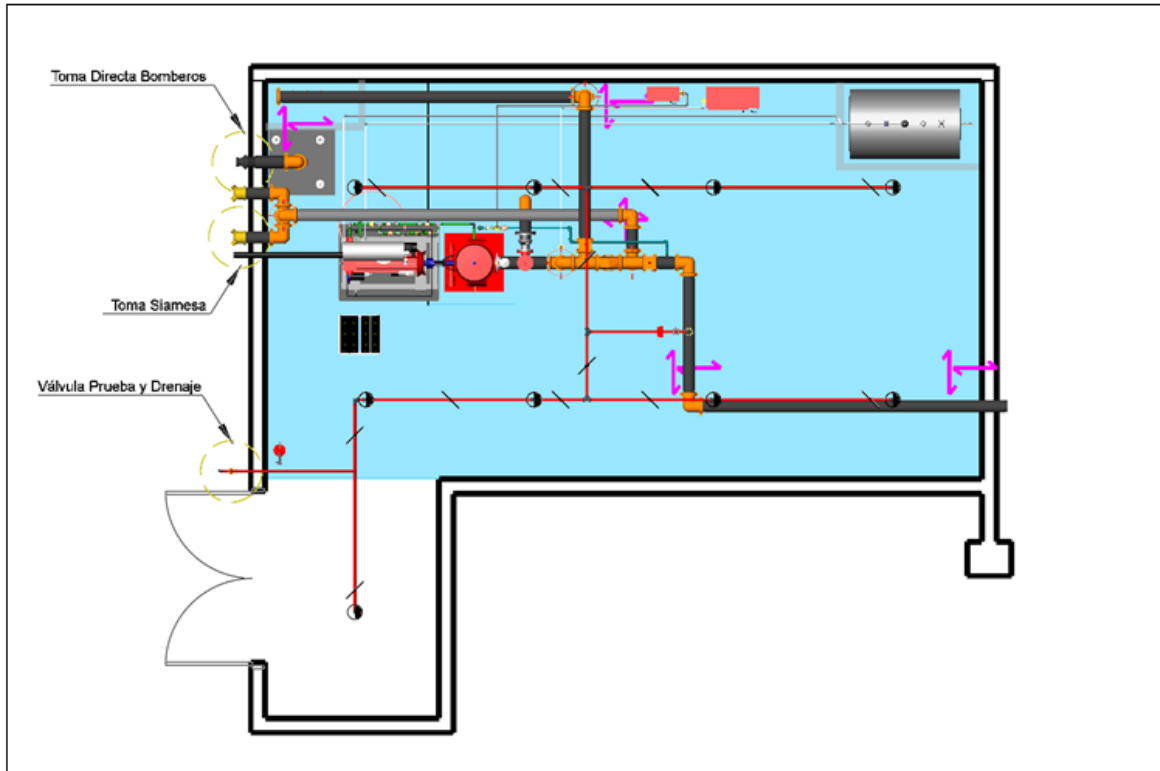
Elaboración propia



## Anexo E Diseño de casa máquinas y tanque de agua.

### Anexo E. 1 Distribución de equipo en casa maquinas.

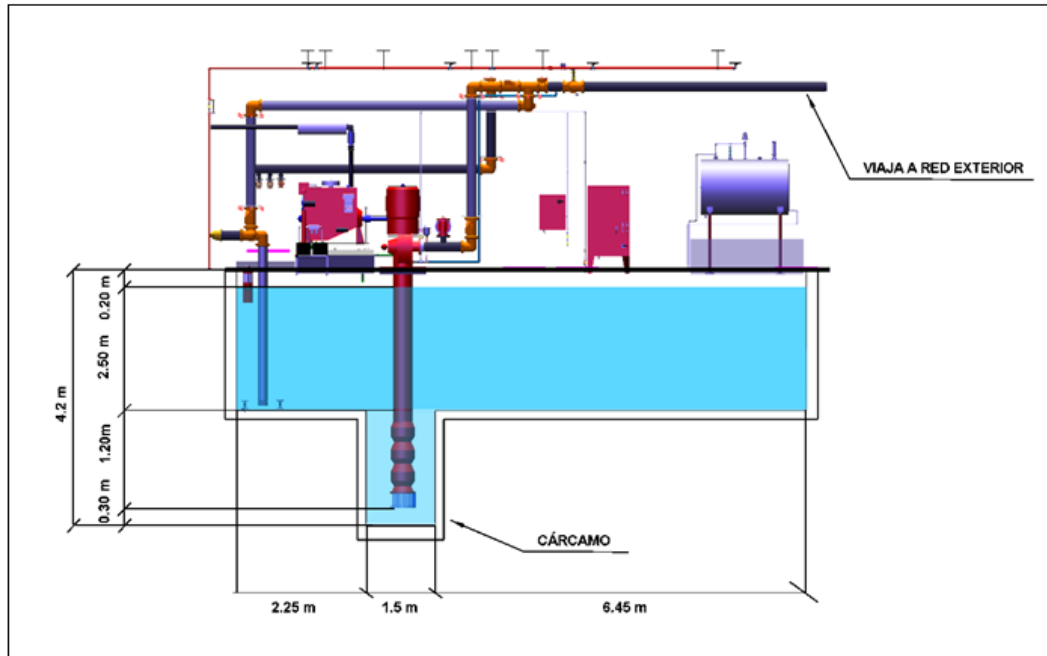
En el siguiente plano se presenta el diseño de casa de máquinas, con la distribución correspondiente a el equipo necesario para el funcionamiento del sistema.



Elaboración propia

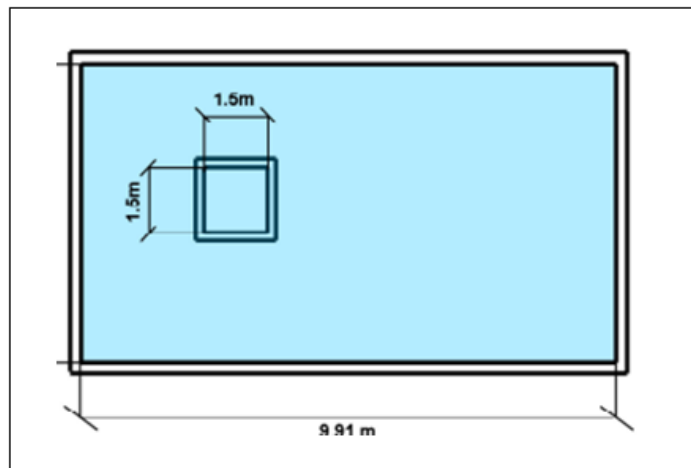
## Anexo E. 2 Diseño del tanque de agua.

En este anexo se presenta la distribución de las longitudes para el diseño del tanque de agua, y se realizó el diseño del cárcamo en una vista lateral, además se incluyó medidas como profundidad y volumen útil de reserva de agua.



Elaboración propia

## Anexo E. 3 Diseño del cárcamo.



Elaboración propia

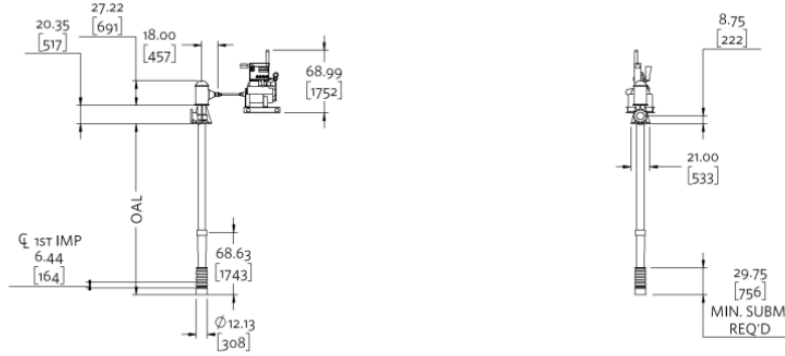
## Anexo F Selección del equipo de bombeo.

En el siguiente documento se presenta la ficha técnica brindada por el fabricante ARMSTRONG, como resultado de realizar la selección de la bomba de la página web, adicional a esta información brinda los datos de diseño, la curva de la bomba, dimensiones del tanque de combustible, las baterías requeridas, la bomba jockey y los accesorios requeridos según NFPA.

<b>Submittal</b>			
<b>Series:</b> Vertical Turbine Fire Pump, Diesel Engine			
<b>Model:</b> VT 8x12M VTF-113 hp			
<b>Project name:</b> undefined	<b>Representative:</b>		
<b>Location:</b>	<b>Phone number:</b>		
<b>Date submitted:</b>	<b>e-mail:</b>		
<b>Engineer:</b>	<b>Submitted by:</b>		
PROJECT DETAILS			
Tag Num:	Qty: 1		
Service:	Location:		
PUMP DESIGN DATA			
Pump Size	8x12M VTF	Number of Stages	5
Pump Approval	UL/FM	Overall Pump Length	3.6 m
Rated Flow	750 USgpm	Shaft Size	1.25 in
Rated Head	150 psi	Column Size	8 in
Churn Pressure	182.08 psi	Discharge Head Size	8 x 16.5A
Pump BHP	96.71 hp	Pump Speed	1770 RPM
Flange Rating	250lb (350PSI working pressure)		
Minimum Fittings	1.5" Air Release Valve (0-600 PSI BRONZE) and Discharge Pressure Gauge (0-600PSI c/w GAGE COCK)		
ENGINE DESIGN DATA			
Engine Manufacturer	Clarke		
Engine Model	JU4H-UFAD5G		
Engine Approval	UL/FM		
Engine Speed	2100 RPM		
Engine Nominal HP	113 hp		
Installation Ambient Temperature	28.00 °C		
Installation Altitude	1,000.00 m		
Engine Derated HP	102.34 hp		
Battery Voltage	12V		
Flex Exhaust Size	4in 150lb		
Diesel Heater Cycle	60 Hz		
Diesel Heater Voltage	115 V		
Drive Shaft Model (UL Listed when available)	CDS30-S1 w/ Guard and companion Flange		
Torsional Coupling Model	TC25-FS w/ Torsional Analysis		
Cooling Loop Size	250 PSI Std Water VT Cooling Loop		
Base Plate	Included		
ENGINE ACCESSORIES			
Fuel Tank Type	Single Wall		
Fuel Tank Size	120 US Gallon		
Tank Accessories	Tank Whistle, Flame Arrester 3/8" Check Valve, 3/8" Ball Valve		
Batteries	Battery (Lead Acid): 12V Dry Batteries Battery Cables, 12V Battery Rack		



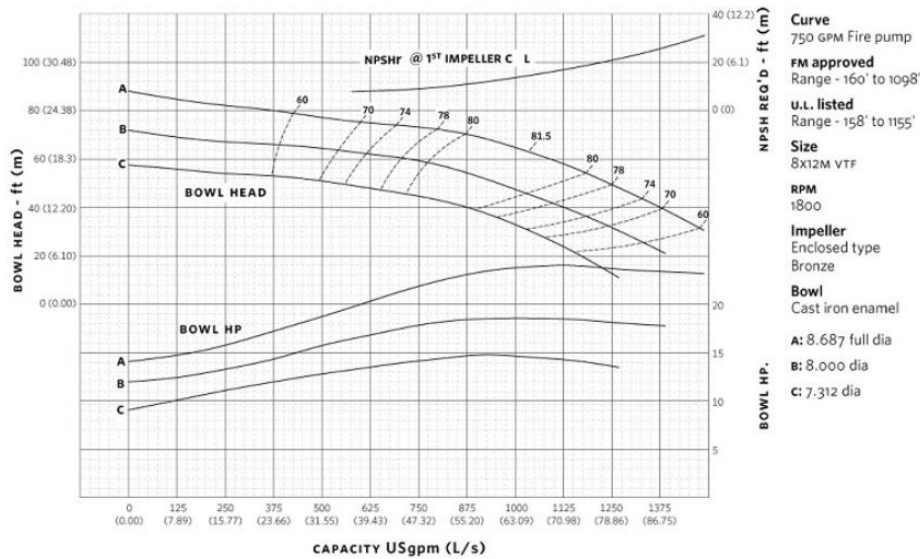
Silencer	4in Residential Grade
<b>RIGHT ANGLE GEAR DRIVE</b>	
RAGD Manufacturer	Randolph
RAGD Model	G100
RAGD Ratio	6:5
Note	Non-Reverse Ratchet on Gear Air Cooled Heat Exchanger Factory Mutual FM Labeled



WEIGHT DATA (lb) NOT for CONSTRUCTION			
Pump Weight	Driver Weight	RAGD Weight	Total Weight
1654 lb	1490 lb	275 lb	3434 lb [1557.63 kg]

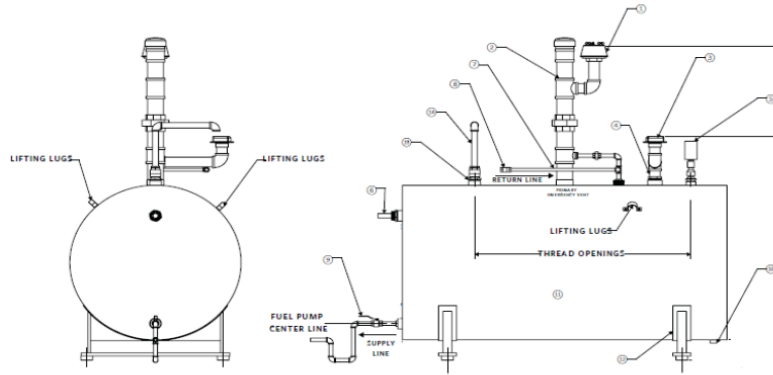


**PER STAGE PERFORMANCE**



## Diesel Fuel Tank

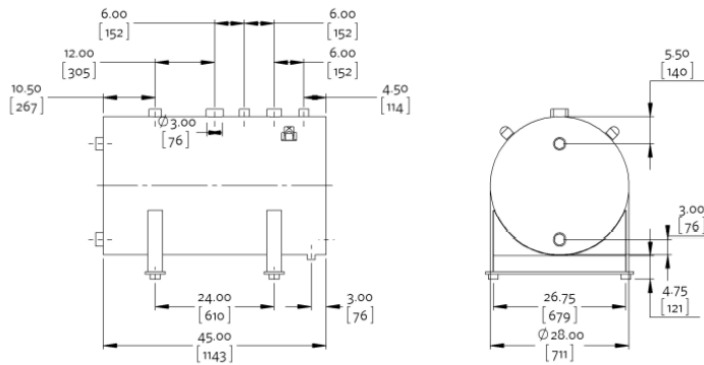
NOTE: As per NFPA20 2016 section 11.4.1.3



### LIST OF MATERIALS

ITEM	DESCRIPTION	ITEM	DESCRIPTION
1*	FLAME ARRESTER	8*	CHECK VALVE
2	VENT PIPE	9*	MANUAL VALVE (NOTE 1)
3*	FILL CAP	10*	DRAIN PLUG - 1" NPT (NOTE 2)
4	FILL PIPE	11*	FUEL TANK
5	FUEL LEVEL SWITCH	12*	TANK SUPPORT
6*	LEVEL GAUGE	13*	TANK WHISTLE
7	FUEL LINE	14	1 1/4" VENT PIPE

\* Supplied by pump manufacturer



### NOTES:

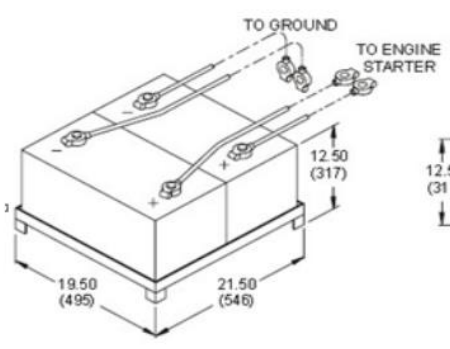
1. Manual valve must be locked open or central station supervised.
2. A 1" drain valve must be used instead of drain plug when not subject to freezing.
3. Tank size as per NFPA20 2016 Section 11.4.1.3.
4. 1 1/4" and 2" pipe leg supplied by others.
5. Diesel fuel supplied by others.
6. Tank is designed, fabricated, tested and labelled per UL-142 and ULC-S601-07.

## Battery System

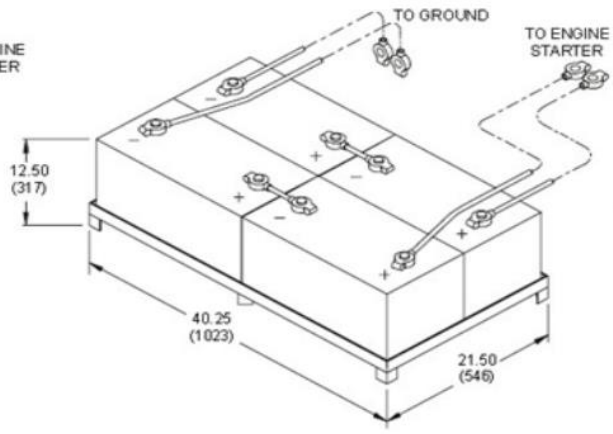
## SUBMITTAL DRAWING

JOB: _____ _____ _____ ENGINEER: _____ CONTRACTOR: _____	REPRESENTATIVE: _____ _____ _____ ORDER NO: _____ DATE: _____ SUBMITTED BY: _____ DATE: _____ APPROVED BY: _____ DATE: _____
--	---

### 12 VOLT DUAL BATTERY SYSTEM LEAD - ACID TYPE



### 24 VOLT DUAL BATTERY SYSTEM LEAD - ACID TYPE



- Notes:**
- All Cables AWG #2/0 x 5' - 0" long
  - Shipping Weight  
 12 V System Dry: 140 lbs. (64 kg)  
 24 V System Dry: 270 lbs. (123 kg)
  - Acid Shipped Separately  
 20 Litres / 2 batteries: 58 lbs. (26 kg) as per NFPA-20 Section 11.2.5.2.2
  - Acid not supplied when shipped by oceanfreight & air freight

DWG#	DATE:	REV:
All dimensions are in inches (mm)		

**Notes:** Dimensions are not used for construction purposes unless certified. Data subject to change without notice.

**Armstrong Pumps Inc.**  
 93 East Avenue  
 North Tonawanda, New York  
 U.S.A. 14120-6994  
 Tel: (716) 693-6813  
 Fax: (716) 693-6970  
[www.armstrongpumps.com](http://www.armstrongpumps.com)

**Armstrong Hidden Brooke Pullen**  
 Wenlock Way  
 Manchester  
 United Kingdom, M12 5JL  
 Tel: +44 (0) 1612 232223  
 Fax: +44 (0) 1612 209680



© S.A. Armstrong Limited 2004

**S.A. Armstrong Limited**  
 23 Bertrand Avenue  
 Toronto, Ontario  
 Canada, M1L 2P3  
 Tel: (416) 755-2291  
 Fax: (416) 799-9101

**Armstrong Darling**  
 9001 De L'Innovation, Suite 200  
 Montreal (Anjou), Quebec  
 Canada, H1J 2Y9  
 Tel: (514) 352-2424  
 Fax: (514) 352-2425

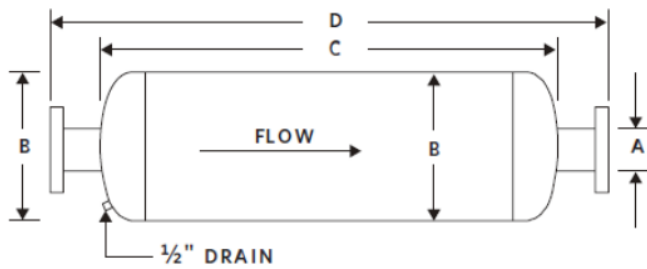


## EXHAUST SYSTEM | SUBMITTAL DRAWING

File No: F43.456  
 Date: DEC. 12, 2014  
 Supersedes: F43.456  
 Date: AUG. 18, 2011

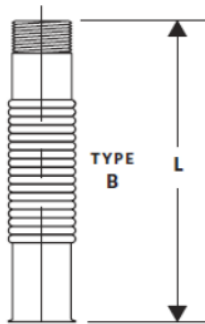
Job: _____	Representative: _____	
_____	Order no.: _____	Date: _____
Engineer: _____	Submitted by: _____	Date: _____
Contractor: _____	Approved by: _____	Date: _____

**TYPE 2**  
**ANSI 150# FLANGES**



**NOTE:**  
 If pipe length between engine exhaust and silencer is more than 15 feet, silencer may need to be larger than indicated sizes. Refer to factory.

Flexible Connector  
**NPT**  
 (EXHAUST SIDE  
 CONNECTION)



Flexible connectors is 18"(457 mm) in Length



## Tank Whistle

## SUBMITTAL

JOB: _____	REPRESENTATIVE: _____
ENGINEER: _____	ORDER NO: _____ DATE: _____
CONTRACTOR: _____	SUBMITTED BY: _____ DATE: _____
	APPROVED BY: _____ DATE: _____

### Exceptional Features

1. Easy to Install
2. Listed by Underwriters Laboratories

### Specification

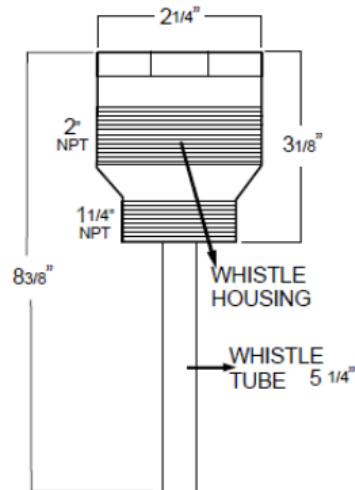
Vent Pipe Size	1 1/4" NPT
Openings	1 1/4" & 2" Universal
Size	2" x 1 1/4" x 1 1/4"

### Function : To Signal when tank is near full

When the tank is being filled, with the whistle in place, a whistling sound is made out through the vent pipe on the tank next to the fill pipe. When the fuel oil reaches the whistle tube the whistling stops, indicating the tank is near full.

### Installation

Install in vent opening on fuel oil tank



**S. A. Armstrong Limited**  
23 Bertrand Avenue  
Toronto, Ontario  
Canada, M1L 2P3  
T: (416) 755-2291  
F (Main): (416) 759-9101

**Armstrong Pumps Inc.**  
93 East Avenue  
North Tonawanda, New York  
U.S.A. 14120-6594  
T: (716) 693-8813  
F: (716) 693-8970

**Armstrong Holden Brooke Pullen**  
Wenlock Way  
Manchester  
United Kingdom, M12 5JL  
T: +44 (0) 161 223 2223  
F: +44 (0) 161 220 9660

**Armstrong Integrated Systems Limited**  
Mucklow Hill  
Halesowen, West Midlands  
United Kingdom, B62 8DJ  
T: +44 (0) 121 550 5333  
F: +44 (0) 121 550 1679



© S.A. Armstrong Limited 2007

*For Armstrong locations worldwide, please visit [www.armstrongpumps.com](http://www.armstrongpumps.com)*





**MINIMUM FITTINGS | SUBMITTAL DRAWING**

File No: F43.450  
 Date: NOVEMBER 17, 2016  
 Supersedes: F43.450  
 Date: MARCH 7, 2006

Job: \_\_\_\_\_ Representative: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Order No: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_  
 Engineer: \_\_\_\_\_ Submitted by: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_  
 Contractor: \_\_\_\_\_ Approved by: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

Pump	Diesel Engine
VTFP	

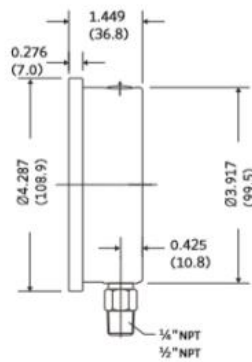
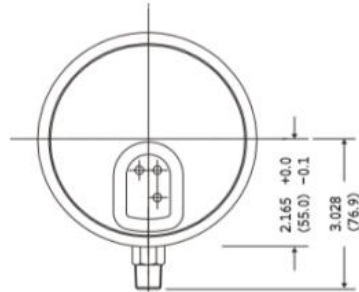
**GLYCERINE FILL SUCTION GAUGE**



GAUGE	PART NUMBER
Glycerine fill suction gauge	975005 -316

**GLYCERINE FILL DISCHARGE GAUGE**

4" bottom connection with optional back flange



**STANDARD PRESSURE DISCHARGE GAUGE**



PRESSURE	DISCHARGE GAUGE	PART NUMBER
< 150	0-300 psi	975005-320



## Submittal

**Product:** NFPA - Fire Pump Controller

**Model:** FD120

**Project name:** undefined

**Representative:**

**Location:**

**Phone number:**

**Date submitted:**

**e-mail:**

**Engineer:**

**Submitted by:**

Controller Details	
Manufacturer	EATON
Model Number	FD120
Control Panel Type	Diesel
Power Rating	115/1/60
Approvals	UL/FM
Enclosure Rating	Standard Enclosure

**Controller option:**

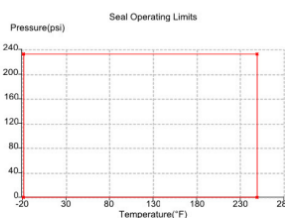
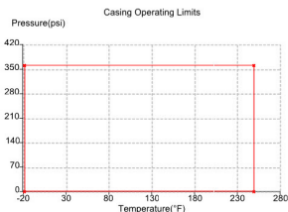
EX - Export Crating: Not Required - Customer Supplied Shipping Container

The submittal drawings for EATON controller model # FD120 can be found on their web page, see the link below:

<https://www.eaton.com/>

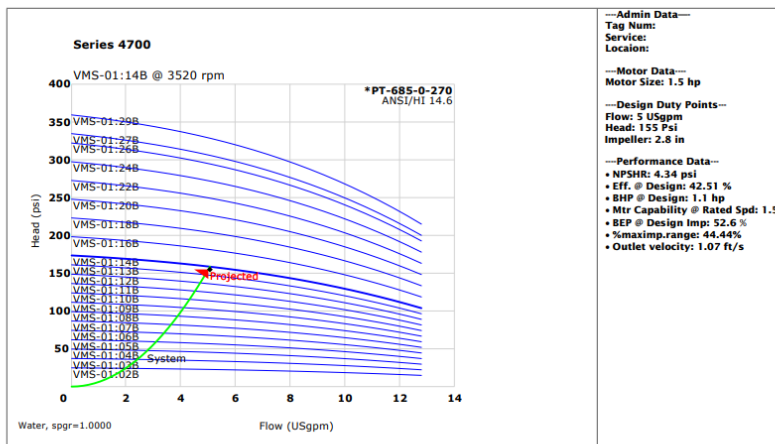


### Operating limits (temperature - pressure)



Maximum pressure: 230 Psi  
Maximum temperature: 250 °F

### Performance curve



## Submittal

**Product:** NFPA - Jockey Pump Controller

**Model:** XTJY-1.5A

**Project name:** undefined

**Representative:**

**Location:**

**Phone number:**

**Date submitted:**

**e-mail:**

**Engineer:**

**Submitted by:**

Controller Details	
Manufacturer	EATON
Model Number	XTJY-1.5A
Control Panel Type	WyeDelta
Power Rating	208/3/60
Horsepower	1.5 hp
Enclosure Rating	NEMA 2 - Standard Enclosure
Export Crating	Not Required

**Controller option:**

C1 - Extra Contacts "Pump Run"

The submittal drawings for EATON controller model # XTJY-1.5A can be found on their web page, see the link below:

<https://www.eaton.com/>

## Submittal

**Product:** NFPA - Accessories

**Model:** Accessories - MRV and WC

**Project name:** undefined

**Representative:**

**Location:**

**Phone number:**

**Date submitted:**

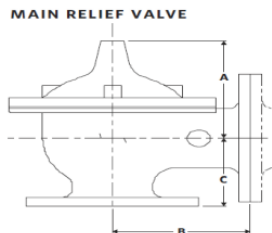
**e-mail:**

**Engineer:**

**Submitted by:**

DESIGN DATA- MRV and WASTE CONES			
MRV Size	4 inch Angle (std)	WC Size	Not Selected
Part Number_MRV	D975050-210	Part Number_WC	NA

DIMENSIONAL DATA- MRV and WASTE CONES			
A(inch)	B(inch)	C(inch)	D(inch)
13	7.9	5.3	0



## Submittal

**Product:** NFPA - Accessories

**Model:** Accessories - HVS

**Project name:** undefined

**Representative:**

**Location:**

**Phone number:**

**Date submitted:**

**e-mail:**

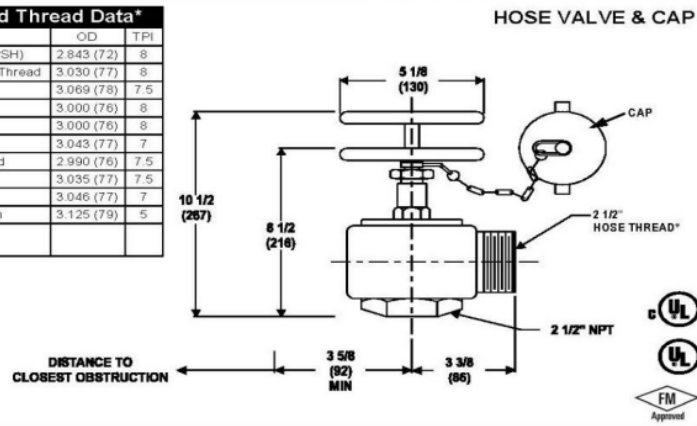
**Engineer:**

**Submitted by:**

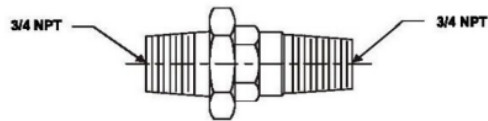
### HOSE VALVE SYSTEM

Hose Valve Standard Thread Data*		
Fire Hose Thread Standard	OD	TPI
National Pipe Straight Hose (NPSH)	2.843 (72)	8
New York City Fire Department Thread	3.030 (77)	8
National Hose Thread (NHT)	3.069 (78)	7.5
New York Corporation Thread	3.000 (76)	8
Eastern Hose Thread	3.000 (76)	8
Chicago Hose Thread	3.043 (77)	7
Chicago Fire Department Thread	2.990 (76)	7.5
Pacific Coast Thread	3.035 (77)	7.5
Quebec Standard Thread	3.046 (77)	7
Canadian Standards Association	3.125 (79)	5
Other (please indicate):		

\*As per city standards.



### AUTOMATIC BALL DRIP VALVE



**NOTE:**

1. Used to drain low point of system between swing check valve and fire dept. connection or isolation valve and test header.
2. Automatically seals under pressure.
3. Must be installed in horizontal position.

**NOTE:**

1. Dimensions are not used for construction purposes unless certified.
2. Data subject to change without notice.
3. As per NFPA 20 2003 Sect. 6.3.

All dimensions are in inches (mm).

## Submittal

**Product:** NFPA - Accessories

**Model:** Accessories - Reducers

**Project name:** undefined

**Representative:**

**Location:**

**Phone number:**

**Date submitted:**

**e-mail:**

**Engineer:**

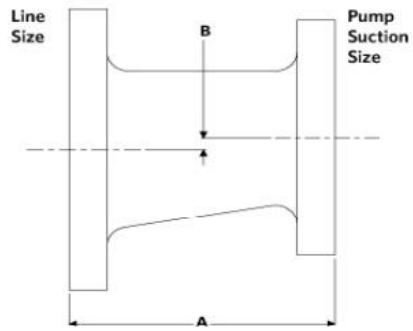
**Submitted by:**

### DATA- Reducer and Increaser

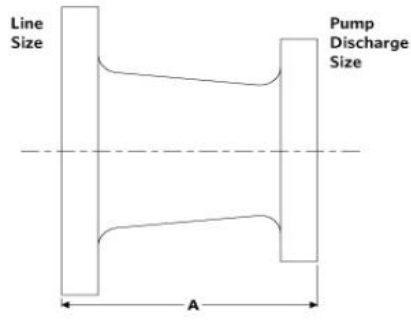
Eccentric Size	Not Selected	Concentric Size	Not Selected
Part Number-Eccentric	NA	Part Number-Concentric	NA

### Dimensional data

Reducer		Increaser	
<b>A(inch)</b>	0	<b>A(inch)</b>	0
<b>B(inch)</b>	0		



**Eccentric (Reducer)**



**Concentric (Increaser)**

*Nota:* Obtenido de Armstrong

## Anexo G Calculo de ventilación del equipo de bombeo.

En este anexo se presenta el resultado del cálculo de aire que debe ser extraído correspondiente a 3007 m<sup>3</sup>h (1,770 CFM), el cual considera la temperatura a la que se diseñó el cuarto, velocidad de rotación del equipo de bombeo, el flujo del radiador de calor, el flujo de combustión del aire para un equipo de bombeo modelo JUAH-UFAD5G con 113 GP.

# CLARKE®

---

## Pump Room Ventilation Calculator - Results

Calculations made 10/04/2022

---

**Application Data**

Customer: Sharell Monge Segura  
Job Name: Universidad de Costa Rica  
Job Number:  
Input By:

---

**Input Data**

Engine Model: JU4H-UFAD5G  
Rated HP: 113  
Rated Speed ( RPM ): 2100  
Combustion air flow ( CFM ): 290.0 <sup>[2]</sup>  
ΔT - Maximum design temperature rise inside pump room ( °F ): 25.0 <sup>[3]</sup>  
Engine radiated heat ( Btu/Sec ): 11.1 <sup>[2]</sup>

---

**Pump Room Calculations <sup>[1]</sup>**

290.0	Combustion air flow ( CFM )	
+	1,480.0	Flow for engine radiated heat ( CFM )
1,770.0		Total ( CFM )

---

[1] The formula used in this calculation provides a general guideline for ventilation air flow required in the pump room to carry away the Engine Radiated Heat load at Rated HP. This recommended air flow may not be appropriate for every installation and all environmental conditions.

[2] You will find Engine Combustion Air Flow and Radiated Heat on the Clarke model specific Installation & Operation (I&O) datasheet. I&O datasheets can be downloaded from [www.clarkefire.com](http://www.clarkefire.com).

[3] ΔT is the design temperature rise you will allow in the pump room to carry away the Engine Radiated Heat. Typically 15°F - 20°F is used for this value but a higher value can be used. Note that the pump room temperature should not exceed 120°F. Also, for pump room temperatures over 77°F you must also apply the appropriate NFPA 20 BHP Derate for ambient temperature.

[4] NFPA 20 requires that the pressure drop across air inlet and outlet louvers not exceed .2" of water while flowing this total air flow. Consult a louver manufacturer to obtain pressure drop versus flow curves on specific louvers to select one that satisfies this requirement.

*Nota:* Obtenido de CLARKE

## Anexo H Calculo sísmico.

A continuación, se presentan el resultado de los cálculos sísmicos de los soportes laterales, longitudinales y cuatro vías, para las tuberías principal y montante, utilizando el programa TOLBrace de EATON.

### Anexo H. 1 Soportería lateral de 32 mm (1 ¼ pulg.).

TOLBrace™ Seismic Bracing Calculations						V8.8.118
<b>Project Address:</b> Universidad de Costa Rica		<b>Contractor:</b>				
Condominio Vertical		<b>Address:</b>				
San jose		<b>Phone:</b>				
Job #		<b>Licence:</b>				
Calculations based on 2019 NFPA Pamphlet #13						
Brace Information			TOLCO™ Brace Components			
Maximum Brace Length	7' 0" (2.134 m)		<b>TOLCO™ Component</b>	<b>Listed Load</b>	<b>Adjusted Load</b>	
Diameter of Brace	1"		Fig. 1001 Clamp	1740 lbs (789 kg)	1740 lbs (789 kg)	
Type of Brace	Sch.40		Fig.980 - 1/2" Universal Swive	2790 lbs (1266 kg)	2790 lbs (1266 kg)	
Angle of Brace	45° Min.		See Fastener Information			
Least Rad. of Gyration	0.42" (11 mm)		*Calculation Based on CONCENTRIC Loading			
L/R Value	200		*Please Note: These calculations are for TOLCO™ components only. Use of any other components voids these calculations and the listing of the assembly.			
Max Horizontal Load	1310 lbs (594 kg)		Seismic Brace Assembly Detail			
<b>Other Requirements - FM Approved Loads</b>						
Fastener Information						
Orientation to Connecting Surface	NFPA Type B					
<b>Fastener</b>						
Type	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x					
Diameter	1/2in.					
Length	3 3/4in.					
Maximum Load	491 lbs (223 kg)					
Prying Factor	1.29					
<b>Brace Identification on Plans</b>			Lat 1 1/4"			
<b>Brace Type</b>			Lateral [X]	Longitudinal [ ]	4-Way [ ]	
Sprinkler System Load Calculation (Fpw = CpWp)						
Cp = 0.5						
Diameter	Type	Length	Total Length	Weight Per Unit Length	Total Weight	
1.25" (32 mm)	Sch. 40	26 ft (7.9 m)	26 ft (7.9 m)	2.93 lb/ft (4.36 kg/m)	76 lbs (34 kg)	
1" (25 mm)	Sch. 40	82 ft (25 m)	82 ft (25 m)	2.05 lb/ft (3.05 kg/m)	168 lbs (76 kg)	
Subtotal Weight					244 lbs (111 kg)	
Wp (incl. 15%)					281 lbs (127 kg)	
<b>Total (Fpw)</b>					<b>140 lbs (64 kg)</b>	
<b>Main Size</b>	<b>Type/Sch.</b>	<b>Spacing (ft)</b>			<b>Maximum Fpw per 18.5.5.2 (if applicable)</b>	
1.25"	Sch. 40	26			140 lb (63 kg)	



## TOLBrace™ Seismic Calculation

Universidad de Costa Rica

Job #

Condominio Vertical



Brace Identification	Lat 1 1/4"
Brace Type (Per NFPA#13)	NFPA Type B
Braced Pipe (ft)	1.25" Sch.40 Steel Pipe
Spacing of Brace	26' 0" (7.92 m)
Orientation of Brace	Lateral
Bracing Material	1" Sch.40
Maximum Brace Length	7' 0" (2.13 m)
Slenderness Ratio used for Load Calculation	200
True Angle of Brace for Calculation	45°
Type of Fastener	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x 3 3/4in. (3,000 PSI Sand Lightweight)
Length of Fastener	3 3/4in.

### Summary of Pipe within Zone of Influence

1.25" Sch.40 Steel Pipe (31.75 mm)	26 ft (7.9 m)
1" Sch.40 Steel Pipe (25.4 mm)	82 ft (25 m)

Allowance for Heads and Fittings 15%

#### Conclusions


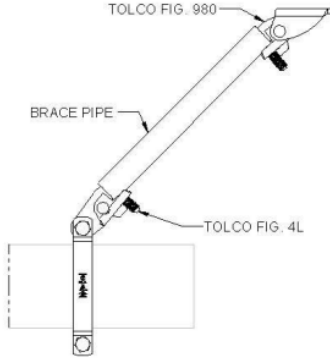
Total Adjusted Load of Pipe in Zone of Influence	140 lbs (64 kg)
Material Capacity	1310 lbs (594 kg)
Fastener Capacity	1082 lbs (491 kg)
Fig. 1001 Clamp	1740 lbs (789 kg)
Fig.980 - 1/2" Universal Swivel	2790 lbs (1266 kg)
Structural Member	losa

Calculations prepared by Sharell Monge Segui


\* The description of the Structural Member is for informational purposes only.

*Nota:* Obtenido de EATON.

## Anexo H. 2 Soportería longitudinal de 32 mm (1 ¼ pulg.).

<b>TOLBrace™ Seismic Bracing Calculations</b>				V8.8.118	
<b>Project Address:</b> Universidad de Costa Rica Condominio Vertical San jose Job # _____		<b>Contractor:</b> Address: _____ Phone: _____ Licence: _____			
Calculations based on 2019 NFPA Pamphlet #13					
Brace Information		TOLCO™ Brace Components			
Maximum Brace Length	7' 0" (2.134 m)	<b>TOLCO™ Component</b>	<b>Listed Load</b>	<b>Adjusted Load</b>	
Diameter of Brace	1"	Fig. 4L Clamp	1160 lbs (526 kg)	1160 lbs (526 kg)	
Type of Brace	Sch.40	Fig.980 - 1/2" Universal Swive	2790 lbs (1266 kg)	2790 lbs (1266 kg)	
Angle of Brace	45° Min.	See Fastener Information			
Least Rad. of Gyration	0.42" (11 mm)	*Calculation Based on CONCENTRIC Loading			
L/R Value	200	*Please Note: These calculations are for TOLCO™ components only. Use of any other components voids these calculations and the listing of the assembly.			
Max Horizontal Load	1310 lbs (594 kg)	Seismic Brace Assembly Detail			
<b>Other Requirements - FM Approved Loads</b>					
Fastener Information		<b>Brace Identification on Plans</b> Long 1 1/4"			
Orientation to Connecting Surface	NFPA Type B	<b>Brace Type</b> Lateral [ ] Longitudinal [X] 4-Way [ ]			
Fastener Type	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x				
Diameter	1/2in.				
Length	3 3/4in.				
Maximum Load	591 lbs (268 kg)				
Prying Factor	1.29				
Sprinkler System Load Calculation (Fpw = CpWp)					
Cp = 0.5					
Diameter	Type	Length	Total Length	Weight Per Unit Length	Total Weight
1.25" (32 mm)	Sch. 40	52 ft (15.8 m)	52 ft (15.8 m)	2.93 lb/ft (4.36 kg/m)	152 lbs (69 kg)
Subtotal Weight					152 lbs (69 kg)
Wp (incl. 15%)					175 lbs (79 kg)
<b>Total (Fpw)</b>					<b>87 lbs (40 kg)</b>
<b>Main Size</b> 1.25"	<b>Type/Sch.</b> Sch. 40	<b>Spacing (ft)</b> 52	<b>Maximum Fpw per 18.5.5.2 (if applicable)</b>		N/A

## TOLBrace™ Seismic Calculation

Universidad de Costa Rica	Job #
Condominio Vertical	
	<small>POWERING BUSINESS MOVEMENTS</small>
	
Brace Identification	Long 1 1/4"
Brace Type (Per NFPA#13)	NFPA Type B
Braced Pipe (ft)	1.25" Sch.40 Steel Pipe
Spacing of Brace	52' 0" (15.85 m)
Orientation of Brace	Longitudinal
Bracing Material	1" Sch.40
Maximum Brace Length	7' 0" (2.13 m)
Slenderness Ratio used for Load Calculation	200
True Angle of Brace for Calculation	45°
Type of Fastener	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x 3 3/4in. (3,000 PSI Normal Weight C
Length of Fastener	3 3/4in.

Summary of Pipe within Zone of Influence

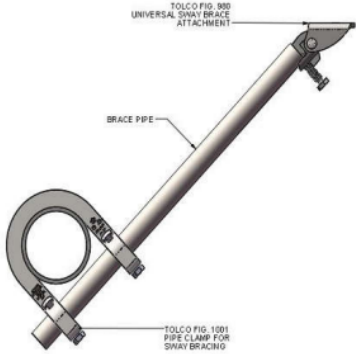
1.25" Sch.40 Steel Pipe (31.75 mm)	52 ft (15.8 m)

Allowance for Heads and Fittings	15%
Conclusions	
Total Adjusted Load of Pipe in Zone of Influence	88 lbs (40 kg)
Material Capacity	1310 lbs (594 kg)
Fastener Capacity	591 lbs (268 kg)
Fig. 4L Clamp	1160 lbs (526 kg)
Fig.980 - 1/2" Universal Swivel	2790 lbs (1266 kg)
Structural Member	losa

Calculations prepared by Sharell Monge Segui

*Nota:* Obtenido de EATON.

## Anexo H. 3 Soportería lateral de 40 mm (1 1/2 pulg.).

<b>TOLBrace™ Seismic Bracing Calculations</b>				V8.8.118	
<b>Project Address:</b> <u>Universidad de Costa Rica</u>		<b>Contractor:</b>			
<u>Condominio Vertical</u>		<b>Address:</b>			
<u>San jose</u>		<b>Phone:</b>			
<u>Job #</u>		<b>Licence:</b>			
Calculations based on 2019 NFPA Pamphlet #13					
Brace Information		TOLCO™ Brace Components			
<b>Maximum Brace Length</b>	<u>7' 0" (2.134 m)</u>	<b>TOLCO™ Component</b>	<b>Listed Load</b>	<b>Adjusted Load</b>	
<b>Diameter of Brace</b>	<u>1"</u>	Fig. 1001 Clamp	1740 lbs (789 kg)	1740 lbs (789 kg)	
<b>Type of Brace</b>	<u>Sch.40</u>	Fig.980 - 1/2" Universal Swive	2790 lbs (1266 kg)	2790 lbs (1266 kg)	
<b>Angle of Brace</b>	<u>45° Min.</u>	See Fastener Information			
<b>Least Rad. of Gyration</b>	<u>0.42" (11 mm)</u>	*Calculation Based on CONCENTRIC Loading			
<b>L/R Value</b>	<u>200</u>	*Please Note: These calculations are for TOLCO™ components only. Use of any other components voids these calculations and the listing of the assembly.			
<b>Max Horizontal Load</b>	<u>1310 lbs (594 kg)</u>	<b>Seismic Brace Assembly Detail</b>			
<b>Other Requirements - FM Approved Loads</b>					
<b>Fastener Information</b>					
<b>Orientation to Connecting Surface</b>	<u>NFPA Type B</u>	<b>Brace Identification on Plans</b> Lat 1.5" <b>Brace Type</b> Lateral [X] Longitudinal [ ] 4-Way [ ]			
<b>Fastener Type</b>	<u>DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x</u>				
<b>Diameter</b>	<u>1/2in.</u>				
<b>Length</b>	<u>3 3/4in.</u>				
<b>Maximum Load</b>	<u>491 lbs (223 kg)</u>				
<b>Prying Factor</b>	<u>1.29</u>				
Sprinkler System Load Calculation (Fpw = CpWp)					
Cp = <u>0.5</u>					
Diameter	Type	Length	Total Length	Weight Per Unit Length	Total Weight
1.5" (40 mm)	Sch. 40	40 ft (12.2 m)	40 ft (12.2 m)	3.61 lb/ft (5.37 kg/m)	144 lbs (65 kg)
Subtotal Weight					144 lbs (65 kg)
Wp (incl. 15%)					166 lbs (75 kg)
<b>Main Size</b>	<b>Type/Sch.</b>	<b>Spacing (ft)</b>	<b>Total (Fpw)</b>		83 lbs (38 kg)
1.5"	Sch. 40	40	<b>Maximum Fpw per 18.5.5.2 (if applicable)</b>		144 lb (65 kg)

## TOLBrace™ Seismic Calculation

Universidad de Costa Rica

Job #

Condominio Vertical



Brace Identification	Lat 1.5"
Brace Type (Per NFPA#13)	NFPA Type B
Braced Pipe (ft)	1.5" Sch.40 Steel Pipe
Spacing of Brace	40' 0" (12.19 m)
Orientation of Brace	Lateral
Bracing Material	1" Sch.40
Maximum Brace Length	7' 0" (2.13 m)
Slenderness Ratio used for Load Calculation	200
True Angle of Brace for Calculation	45°
Type of Fastener	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x 3 3/4in. (3,000 PSI Sand Lighthouse)
Length of Fastener	3 3/4in.

### Summary of Pipe within Zone of Influence

1.5" Sch.40 Steel Pipe (38.1 mm)	40 ft (12.2 m)

Allowance for Heads and Fittings	15%
Conclusions	
Total Adjusted Load of Pipe in Zone of Influence	83 lbs (38 kg)
Material Capacity	1310 lbs (594 kg)
Fastener Capacity	491 lbs (223 kg)
Fig. 1001 Clamp	1740 lbs (789 kg)
Fig.980 - 1/2" Universal Swivel	2790 lbs (1266 kg)
Structural Member	Losa

Calculations prepared by Sharell Monge Segura

*Nota:* Obtenido de EATON.

## Anexo H. 4 Soportería longitudinal de 40 mm (1 ½ pulg.).

<b>TOLBrace™ Seismic Bracing Calculations</b>				V8.8.118	
<b>Project Address:</b> <u>Universidad de Costa Rica</u>		<b>Contractor:</b>			
<u>Condominio Vertical</u>		<b>Address:</b>			
<u>San jose</u>		<b>Phone:</b>			
<u>Job #</u>		<b>Licence:</b>			
Calculations based on 2019 NFPA Pamphlet #13					
Brace Information		TOLCO™ Brace Components			
<b>Maximum Brace Length</b>	<u>7' 0" (2.134 m)</u>	<b>TOLCO™ Component</b>	<b>Listed Load</b>	<b>Adjusted Load</b>	
<b>Diameter of Brace</b>	<u>1"</u>	Fig. 4L Clamp	1020 lbs (463 kg)	1020 lbs (463 kg)	
<b>Type of Brace</b>	<u>Sch.40</u>	Fig.980 - 1/2" Universal Swive	2790 lbs (1266 kg)	2790 lbs (1266 kg)	
<b>Angle of Brace</b>	<u>45° Min.</u>	See Fastener Information			
<b>Least Rad. of Gyration</b>	<u>0.42" (11 mm)</u>	*Calculation Based on CONCENTRIC Loading			
<b>L/R Value</b>	<u>200</u>	*Please Note: These calculations are for TOLCO™ components only. Use of any other components voids these calculations and the listing of the assembly.			
<b>Max Horizontal Load</b>	<u>1310 lbs (594 kg)</u>	Seismic Brace Assembly Detail			
<b>Other Requirements - FM Approved Loads</b>					
Fastener Information					
<b>Orientation to Connecting Surface</b> <u>NFPA Type B</u>					
<b>Fastener</b>					
<b>Type</b>	<u>DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x</u>				
<b>Diameter</b>	<u>1/2in.</u>				
<b>Length</b>	<u>3 3/4in.</u>				
<b>Maximum Load</b>	<u>491 lbs (223 kg)</u>				
<b>Prying Factor</b>	<u>1.29</u>				
<b>Brace Identification on Plans</b> Long 1.5"					
<b>Brace Type</b> Lateral [ ] Longitudinal [X] 4-Way [ ]					
Sprinkler System Load Calculation (Fpw = CpWp)					
Cp = <u>0.5</u>					
Diameter	Type	Length	Total Length	Weight Per Unit Length	Total Weight
1.5" (40 mm)	Sch. 40	80 ft (24.4 m)	80 ft (24.4 m)	3.61 lb/ft (5.37 kg/m)	289 lbs (131 kg)
Subtotal Weight					289 lbs (131 kg)
Wp (incl. 15%)					332 lbs (151 kg)
<b>Main Size</b>	<b>Type/Sch.</b>	<b>Spacing (ft)</b>	<b>Total (Fpw)</b>		166 lbs (75 kg)
1.5"	Sch. 40	80	<b>Maximum Fpw per 18.5.5.2 (if applicable)</b>		N/A

## TOLBrace™ Seismic Calculation

Universidad de Costa Rica

Job #



Condominio Vertical

Brace Identification	Long 1.5"
Brace Type (Per NFPA#13)	NFPA Type B
Braced Pipe (ft)	1.5" Sch.40 Steel Pipe
Spacing of Brace	80' 0" (24.38 m)
Orientation of Brace	Longitudinal
Bracing Material	1" Sch.40
Maximum Brace Length	7' 0" (2.13 m)
Slenderness Ratio used for Load Calculation	200
True Angle of Brace for Calculation	45°
Type of Fastener	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x 3 3/4in. (3,000 PSI Sand Lighthouse)
Length of Fastener	3 3/4in.

### Summary of Pipe within Zone of Influence

1.5" Sch.40 Steel Pipe (38.1 mm)	80 ft (24.4 m)

Allowance for Heads and Fittings                      15%


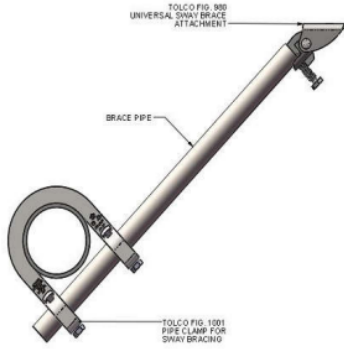
**Conclusions**

Total Adjusted Load of Pipe in Zone of Influence	166 lbs (75 kg)
Material Capacity	1310 lbs (594 kg)
Fastener Capacity	491 lbs (223 kg)
Fig. 4L Clamp	1020 lbs (463 kg)
Fig.980 - 1/2" Universal Swivel	2790 lbs (1266 kg)
Structural Member	Losa

Calculations prepared by      Sharell Monge Segui

*Nota:* Obtenido de EATON.

## Anexo H. 5 Soportería cuatro vías de 50 mm (2 pulg.).

<b>TOLBrace™ Seismic Bracing Calculations</b>				V8.8.118	
<b>Project Address:</b> Universidad de Costa Rica Condominio Vertical San jose Job # _____		<b>Contractor:</b> <b>Address:</b> _____ <b>Phone:</b> _____ <b>Licence:</b> _____			
Calculations based on 2019 NFPA Pamphlet #13					
Brace Information		TOLCO™ Brace Components			
Maximum Brace Length	7' 0" (2.134 m)	<b>TOLCO™ Component</b>	<b>Listed Load</b>	<b>Adjusted Load</b>	
Diameter of Brace	1"	Fig. 1001 Clamp	1740 lbs (789 kg)	1740 lbs (789 kg)	
Type of Brace	Sch.40	Fig.980 - 1/2" Universal Swive	2790 lbs (1266 kg)	2790 lbs (1266 kg)	
Angle of Brace	45° Min.	See Fastener Information			
Least Rad. of Gyration	0.42" (11 mm)	*Calculation Based on CONCENTRIC Loading			
L/R Value	200	*Please Note: These calculations are for TOLCO™ components only. Use of any other components voids these calculations and the listing of the assembly.			
Max Horizontal Load	1310 lbs (594 kg)	Seismic Brace Assembly Detail			
<b>Other Requirements - FM Approved Loads</b>					
Fastener Information		<b>Brace Identification on Plans</b> 4 vias 2"			
Orientation to Connecting Surface	NFPA Type B	<b>Brace Type</b> Lateral [ ] Longitudinal [ ] 4-Way [X]			
Fastener Type	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x				
Diameter	1/2in.				
Length	3 3/4in.				
Maximum Load	491 lbs (223 kg)				
Prying Factor	1.29				
Sprinkler System Load Calculation (Fpw = CpWp)					
Cp = 0.5					
Diameter	Type	Length	Total Length	Weight Per Unit Length	Total Weight
2" (50 mm)	Sch. 40	26 ft (7.9 m)	26 ft (7.9 m)	5.13 lb/ft (7.63 kg/m)	133 lbs (60 kg)
				Subtotal Weight	133 lbs (60 kg)
				Wp (incl. 15%)	153 lbs (69 kg)
Main Size	Type/Sch.	Spacing (ft)	Total (Fpw)		76 lbs (35 kg)
2"	Sch. 40	26	Maximum Fpw per 18.5.5.2 (if applicable)		N/A



## TOLBrace™ Seismic Calculation

Universidad de Costa Rica

Job #



Condominio Vertical

Brace Identification	4 vias 2"
Brace Type (Per NFPA#13)	NFPA Type B
Braced Pipe (ft)	2" Sch.40 Steel Pipe
Spacing of Brace	26' 0" (7.92 m)
Orientation of Brace	Riser
Bracing Material	1" Sch.40
Maximum Brace Length	7' 0" (2.13 m)
Slenderness Ratio used for Load Calculation	200
True Angle of Brace for Calculation	45°
Type of Fastener	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x 3 3/4in. (3,000 PSI Sand Lightweight)
Length of Fastener	3 3/4in.

### Summary of Pipe within Zone of Influence

2" Sch.40 Steel Pipe (50.8 mm)	26 ft (7.9 m)

Allowance for Heads and Fittings 15%


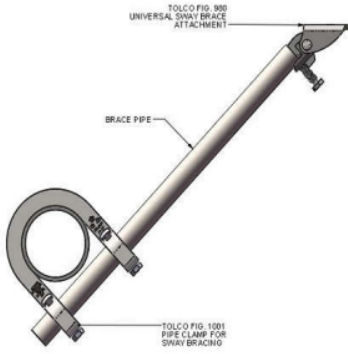
**Conclusions**

Total Adjusted Load of Pipe in Zone of Influence	77 lbs (35 kg)
Material Capacity	1310 lbs (594 kg)
Fastener Capacity	491 lbs (223 kg)
Fig. 1001 Clamp	1740 lbs (789 kg)
Fig.980 - 1/2" Universal Swivel	2790 lbs (1266 kg)
Structural Member	losa

Calculations prepared by Sharell Monge Segui

*Nota:* Obtenido de EATON.

## Anexo H. 6 Soportería cuatro vías de 100 mm (4 pulg.).

<b>TOLBrace™ Seismic Bracing Calculations</b>						V8.8.118
<b>Project Address:</b> Universidad de Costa Rica		<b>Contractor:</b>				
Condominio Vertical		<b>Address:</b>				
San jose		<b>Phone:</b>				
Job #		<b>Licence:</b>				
Calculations based on 2019 NFPA Pamphlet #13						
Brace Information			TOLCO™ Brace Components			
<b>Maximum Brace Length</b>	7' 0" (2.134 m)		<b>TOLCO™ Component</b>	<b>Listed Load</b>	<b>Adjusted Load</b>	
<b>Diameter of Brace</b>	1"		Fig. 1001 Clamp	1200 lbs (544 kg)	1200 lbs (544 kg)	
<b>Type of Brace</b>	Sch.40		Fig.980 - 1/2" Universal Swive	2790 lbs (1266 kg)	2790 lbs (1266 kg)	
<b>Angle of Brace</b>	45° Min.		See Fastener Information			
<b>Least Rad. of Gyration</b>	0.42" (11 mm)		*Calculation Based on CONCENTRIC Loading			
<b>L/R Value</b>	200		*Please Note: These calculations are for TOLCO™ components only. Use of any other components voids these calculations and the listing of the assembly.			
<b>Max Horizontal Load</b>	1310 lbs (594 kg)		Seismic Brace Assembly Detail			
<b>Other Requirements - FM Approved Loads</b>						
Fastener Information						
<b>Orientation to Connecting Surface</b>	NFPA Type B					
<b>Fastener Type</b>	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x					
<b>Diameter</b>	1/2in.		<b>Brace Identification on Plans</b> 4 vias 4 <b>Brace Type</b> Lateral [ ]    Longitudinal [ ]    4-Way [X]			
<b>Length</b>	3 3/4in.					
<b>Maximum Load</b>	491 lbs (223 kg)					
<b>Prying Factor</b>	1.29					
Sprinkler System Load Calculation (Fpw = CpWp)						
Cp = 0.5						
Diameter	Type	Length	Total Length	Weight Per Unit Length	Total Weight	
4" (100 mm)	Sch. 10	26 ft (7.9 m)	26 ft (7.9 m)	11.78 lb/ft (17.53 kg/m)	306 lbs (139 kg)	
Subtotal Weight					306 lbs (139 kg)	
Wp (incl. 15%)					352 lbs (160 kg)	
<b>Main Size</b>	<b>Type/Sch.</b>	<b>Spacing (ft)</b>	<b>Total (Fpw)</b>		176 lbs (80 kg)	
4"	Sch. 10	26	<b>Maximum Fpw per 18.5.5.2 (if applicable)</b>		N/A	

## TOLBrace™ Seismic Calculation

Universidad de Costa Rica

Job #



Condominio Vertical

Brace Identification	4 vias 4
Brace Type (Per NFPA#13)	NFPA Type B
Braced Pipe (ft)	4" Sch.10 Steel Pipe
Spacing of Brace	26' 0" (7.92 m)
Orientation of Brace	Riser
Bracing Material	1" Sch.40
Maximum Brace Length	7' 0" (2.13 m)
Slenderness Ratio used for Load Calculation	200
True Angle of Brace for Calculation	45°
Type of Fastener	DeWalt Power-Stud+ SD2 1/2in. x 3 3/4in. (3,000 PSI Sand Lightweight)
Length of Fastener	3 3/4in.

### Summary of Pipe within Zone of Influence

4" Sch.10 Steel Pipe (101.6 mm)	26 ft (7.9 m)

Allowance for Heads and Fittings                      15%

**Conclusions**

Total Adjusted Load of Pipe in Zone of Influence	176 lbs (80 kg)
Material Capacity	1310 lbs (594 kg)
Fastener Capacity	491 lbs (223 kg)
Fig. 1001 Clamp	1200 lbs (544 kg)
Fig.980 - 1/2" Universal Swivel	2790 lbs (1266 kg)
Structural Member	losa

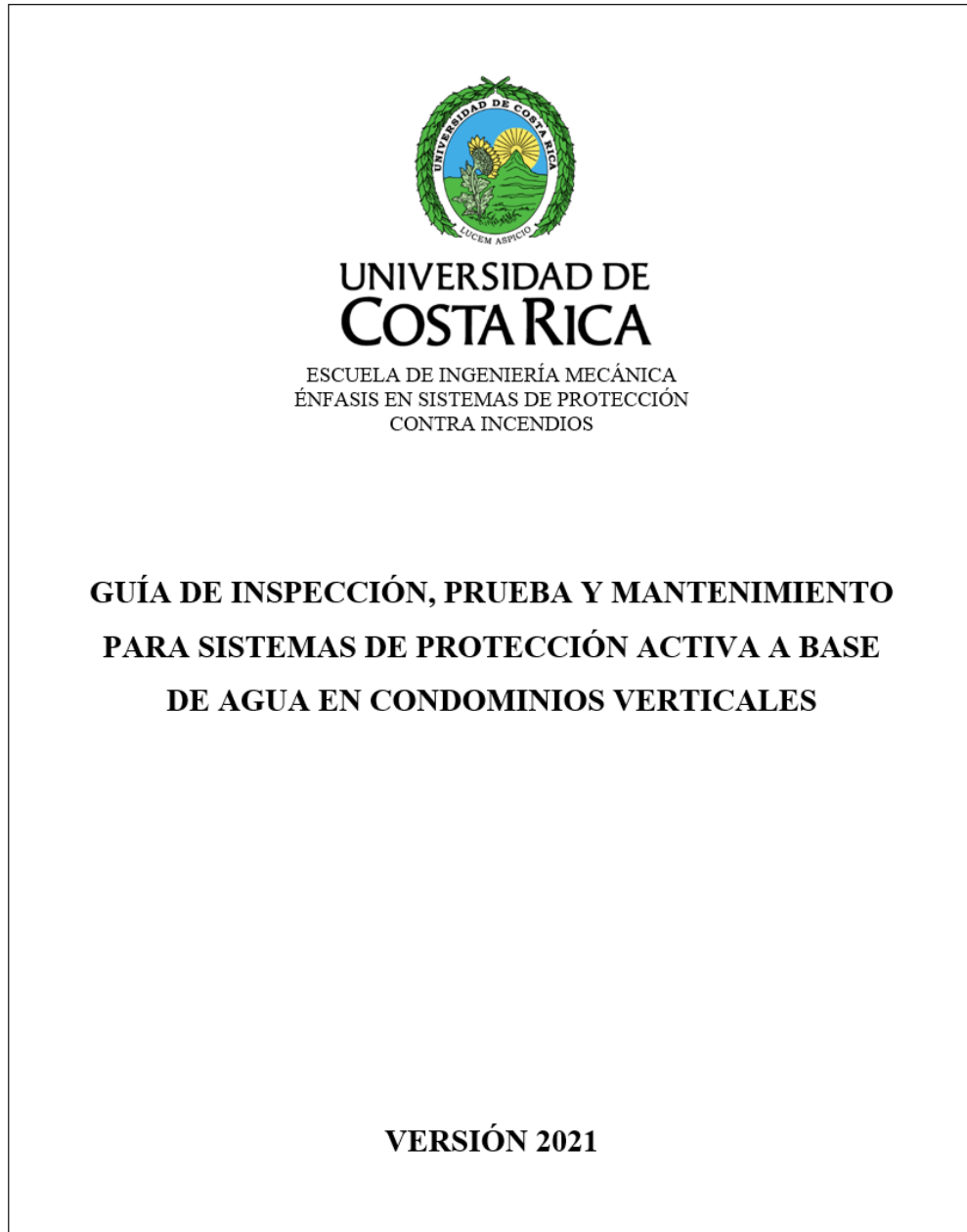
Calculations prepared by    Sharell Monge Segui

*Nota:* Obtenido de EATON.

## **Anexo I Guía de mantenimiento**

Es esta sección se presentan los resultados generados de la guía de inspección, prueba y mantenimiento diseñada para los encargados o administradores de un condominio vertical y se complementó con listas de chequeo que faciliten la realización de las tres acciones mencionadas.

### **Anexo I. 1 Guía de inspección, prueba y mantenimiento.**



*Nota:* Elaboración propia.

## Anexo I. 2 Lista de chequeo para inspecciones semanales.

<b>Inspecciones Semanal</b>		
Bomba contra incendios		
FECHA:		Marcar con <input checked="" type="checkbox"/> si se presenta alguna de las siguientes
Casa maáquinas	temperatura inadecuada (mayor a 70°F)	
	rejillas de ventilacion con daño fisico	
	exceso de agua en el piso	
	acoples sin proteccion	
Válvulas	válvula de succión cerrada (debe estar abierta)	
	válvula de descarga cerrada (debe estar abierta)	
	válvula de derivación de la bomba cerrada (debe estar abierta)	
Tubería	Fugas	
Manómetro de succión	rango no aceptable	
Manómetro de descarga	rango no aceptable	
válvulas de prueba	están abiertas (debe estar cerradas)	
tanque de combustible	presenta menos de los dos tercios de combustible (debe ser mayor)	
baterías	voltaje rango no aceptable	
medidor de tiempo del funcionamiento del motor	presenta lectura inadecuada	

*Nota:* Elaboración propia.

### Anexo I. 3 Lista de chequeo para inspecciones trimestrales.

<b>Inspecciones Trimestrales</b>		
Sistema de rociadores		
FECHA:		Marcar con <input checked="" type="checkbox"/> si se presenta alguna de las siguientes
Dispositivo iniciador de alarma	Daño físico	
	N/A	
Tubería privada de incendios		
Tubería subterránea: Hidrantes secos	Buen estado físico	
	sin restos de vegetación exterior	
Bombas contra incendios		
Sistema de escape	Daño físico	
trampas de drenaje de condensado	Daño físico	
Silenciadores	Daño físico	
Tanques contra incendios		
Nivel de agua	Tanques sin alarma de nivel de agua verificar el nivel de agua	
Inspecciones exteriores	Estructura del soporte en mal estado	
	Estructura del soporte presenta desechos	
	Estructura del soporte presenta corrosión	
	ventilaciones ineficientes	
	cimientos mal estado o debilitamiento	

*Nota:* Elaboración propia.

**Anexo I. 4 Lista de chequeo para inspecciones anuales.**

<b>Inspecciones Anuales</b>		
Sistema de rociadores		
FECHA:		Marcar con <input checked="" type="checkbox"/> si se presenta alguna de las siguientes
Rociadores	Fugas	
	Corrosión	
	Daño físico	
	Perdida de fluido en el elemento sensible	
	N/A	
	Cantidad de rociadores con algún tipo de defecto	
Rociadores de repuesto	Minimo 6 rociadores y tipo correctos	
	Una llave para rociadores para cada tipo de rociador	
	Presenta la lista de rociadores	
Tubería y accesorios	Fugas	
	Corrosión	
	Daño físico	
	cargas externas	
	objetos colgantes	
	N/A	
Soportes colgantes	Daño físico	
	Flojo	
	desprendido	
Letrero informativo	Colocado y ubicado de manera adecuada	
	Es legible	
	N/A	

Sistema de Tomas Clase I		
Conexiones para mangueras	Tapa de las válvulas faltante o dañada	
	Conexión para mangueras contra incendios dañada	
	empaquetadura de tapas faltantes o dañadas	
	Fugas	
	Obstrucciones	
	Rosca de valvula dañada	
Tuberías	Daño físico	
	Válvula de control dañada	
	Soportería dañada o faltante	
	Dispositivo iniciador dañado	
Mangueras	Moho, abraciones o deterioro físico	
	Acoples de roscas dañados	
	Empaques faltantes	
	manguera desconectada a	
Tubería servicio privado de Incendios		
Tubería expuesta	Fugas	
	Daños físicos	
	Corrosión	
	Métodos de inmovilización	
Tubería subterránea: Hidrantes Secos	Demarcacion y señalizacion en buen estado	
	Pintura para protección uv	
Bombas contra incendios		
Inspecciones electricas	daños físicos	
Placas de circuitos impresos	Corrosión	
Aislamientos de cables y conductores	Agrietamiento	
Fontaneria	Fugas	
Tanques de combustible	Presencia de agua	
	Presencia de cuerpos extraños	
Ventilacion de los tanques de combustible	obstrucciones	
Conexiones y mangueras flexibles	Grietas	
	Fugas	
Baterías	estado de la carga	
	Corrosión	
	uso de agua no destilada	
Manómetros	no esta calibrado	

*Nota:* Elaboración propia.



**Anexo I. 5 Lista de chequeo para inspecciones cada cinco años.**

<b>Inspecciones cada 5 años</b>		
Tanque contra incendios		
FECHA:		Marcar con $\checkmark$ si se presenta alguna de las siguientes
Inspeccion Interior	signos de picadura	
	corrosión	
	desprendimiento localizados	
	podredumbre	
	materiales de desecho	
	falla en el revestimiento interior	
	deterior en la placa anti-vórtice	

*Nota:* Elaboración propia.

**Anexo I. 6 Lista de chequeo para Mantenimiento trimestral.**

<b>Mantenimiento TRIMESTRALES</b>		
Sistema de rociadores		
FECHA:		Marcar con $\checkmark$ si se realiza alguna de las siguientes
Rociadores	reemplazar rociadores dañados	
Sistema de rociadores		
Montantes y mangueras	Todo el sistema válvular	
Tuberías del sistema de incendios	Lubricación de hidrantes	
Tanque de incendios		
válvula de llenado automático	se deben limpiar los filtros de succión	

*Nota:* Elaboración propia.

**Anexo I. 7 Lista de chequeo para Mantenimiento anual.**

<b>Mantenimiento Anuales</b>		
<b>Equipo de bombeo</b>		
FECHA:		Marcar con $\checkmark$ si se realiza alguna de las siguientes
acoplamientos	engrasados	
cojinetes	engrasados	
Motores	aceite lubricante debe ser cambiado	
	los filtros de aceite lubricante debe ser cambiado	
	los filtros para combustibles debe ser cambiado	
	Los filtros del agua circulante deben ser reemplazados	
Combustible Diesel	Combustible deficiente se debe reemplazar	
	Tanque debe ser limpiado en el interior	
	Los filtros deben ser cambiados	

*Nota:* Elaboración propia.

**Anexo I. 8 Lista de chequeo para pruebas semanal.**

<b>Pruebas Semanales</b>		
<b>Equipo de bombeo</b>		
FECHA:		Marcar con $\checkmark$ si se realizo
Bomba	Prueba sin flujo	

*Nota:* Elaboración propia.

**Anexo I. 9 Lista de chequeo para pruebas anual.**

Pruebas anuales		
Tomas clase I		
FECHA:		Marcar con ✓ si se realizo
Tuberia expuesta y subterranea	Hidrantes	
Bomba	Prueba sin flujo (arranque automatico) debe funcionar por 30 minutos	
Combustible Diesel	Se debe probar para verificar que no se encuentre deficiente	
Tanque de incendios		
Nivel del agua	la señal de nivel del agua se encuentra en buen estado	
Válvula de llenado automatico	prueba de llenado automatico del tanque	

*Nota:* Elaboración propia.

**Anexo I. 10 Lista de chequeo para pruebas cada cinco años.**

Pruebas cada 5 años		
Tomas clase I		
FECHA:		Marcar con ✓ si se realizo
Montantes y Mangueras	Prueba de flujo	
	Pruebas Hidrostáticas	
Tuberia expuesta y subterranea	Prueba de flujo	
Tanque de incendios		
Indicadores de nivel	prueba para verificar presión	
	Prueba para verificar libertad de movimiento	

*Nota:* Elaboración propia.

**Anexo I. 11 Lista de chequeo para pruebas cada diez años.**

Pruebas cada 10 años		
Sistema de rociadores		
FECHA:		Marcar con $\checkmark$ si se presenta alguna de las siguientes
Rociadores	Rociadores de Muestra deben ser probados	
	Rociadores de respuesta rapida	

*Nota:* Elaboración propia.