



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ciencias Físicas**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos**

**Diseño del sistema de seguridad contra incendios a  
base de agua que proporcione los niveles más altos de  
seguridad y confiabilidad a la empresa Farminindustria  
S.A.**

**INFORME PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

**AUTOR**

Alexander Dereck CHAUCA JAPA

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Chauca, A. (2023). *Diseño del sistema de seguridad contra incendios a base de agua que proporcione los niveles más altos de seguridad y confiabilidad a la empresa Farminindustria S.A.* [Informe Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

<b>Metadatos complementarios</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Alexander Dereck Chauca Japa
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	42824385
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0009-6714-2939">https://orcid.org/0009-0009-6714-2939</a>
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Miguel Angel Ormeño Valeriano
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	06532600
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4690-5310">https://orcid.org/0000-0002-4690-5310</a>
<b>Miembro del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Mario Alberto García Pérez
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	07930910
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-2898-8992">https://orcid.org/0000-0002-2898-8992</a>
<b>Miembro del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Rubén Esaú Mogrovejo Gutiérrez
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	10623893
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-3254-7636">https://orcid.org/0000-0003-3254-7636</a>
<b>Datos de Investigación</b>	
Línea de Investigación	A.2.5.1. Energetica
Grupo de investigación	
Agencia de financiamiento	Farminustria S.A.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Peru Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lurin Latitud: -12.295007 Longitud: -76.82141
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Ingeniería mecánica <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01</a>



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
(Universidad del PERÚ, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PRESENCIAL DEL INFORME PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS, MODALIDAD DE  
TITULACIÓN M-4 - POR EXPERIENCIA PROFESIONAL**

Siendo las 10:30 a.m. del día jueves 12 de octubre de 2023, en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del DR. ING. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO y con la asistencia de los miembros MG. ING. MARIO ALBERTO GARCÍA PÉREZ y MG. ING. RUBÉN ESAÚ MOGROVEJO GUTIÉRREZ se dio inicio a la Sesión Pública Presencial de Sustentación del Informe Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-4 Por Experiencia Profesional, del Bachiller:

**ALEXANDER DERECK CHAUCA JAPA**

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller ALEXANDER DERECK CHAUCA JAPA, a realizar la Exposición del Informe Profesional titulado "DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS A BASE DE AGUA QUE PROPORCIONE LOS NIVELES MÁS ALTOS DE SEGURIDAD Y CONFIABILIDAD A LA EMPRESA FARMINDUSTRIA S.A."

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.


Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

DIECISEIS      16

El Presidente del Jurado DR. ING. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller ALEXANDER DERECK CHAUCA JAPA Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las <sup>11:30</sup> a.m. del mismo día se levantó la sesión.

  
DR. ING. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO  
PRESIDENTE DEL JURADO

  
MG. ING. MARIO ALBERTO GARCÍA PÉREZ  
MIEMBRO DEL JURADO

  
MG. ING. RUBÉN ESAÚ MOGROVEJO GUTIÉRREZ  
MIEMBRO DEL JURADO



## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dr. Ing. Douglas Donal Sarango Julca en mi condición de Director, revisor del Informe Profesional, titulado “DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS A BASE DE AGUA QUE PROPORCIONE LOS NIVELES MÁS ALTOS DE SEGURIDAD Y CONFIABILIDAD A LA EMPRESA FARMINDUSTRIA S.A.”, presentado por el Bachiller Alexander Dereck Chauca Japa, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos para ser publicado en el Repositorio Cybertesis UNMSM.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, evaluación y análisis mediante el software para la detección de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 8% de similitud, nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación**.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su publicación.



UNMSM

Firmado digitalmente por SARANGO  
JULCA Douglas Donal FAU  
20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 09.11.2023 19:27:39 -05:00

Firma del Director/Editor/revisor:

DNI: 07136313

Nombres y apellidos del Revisor:

DR. ING. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA



## **DEDICATORIA**

A mis padres por todo el esfuerzo a lo largo de mi formación profesional, mi esposa por su apoyo incondicional y mis hijas e hijo que son la razón de mi esfuerzo. A todas quienes me apoyaron e incentivaron en mis tiempos difíciles; gracias por su comprensión, paciencia y apoyo.

## ÍNDICE

<b>CARATULA .....</b>	<b>1</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>10</b>
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>10</b>
1.1 Planteamiento de problema .....	10
1.2 Ubicación del Proyecto .....	11
1.3 Alcance .....	12
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo General.....	14
1.4.2 Objetivos Específicos.....	14
1.5 Justificación .....	15
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>18</b>
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Bases Teóricas.....	19
2.2.1 Flujo de Fluido .....	19
2.2.2 Ecuación de Continuidad .....	19
2.2.3 Energía y altura de carga.....	21
2.3 Flujo de Fluidos en Tuberías.....	23
2.3.1 Flujo Laminar .....	23
2.3.2 Velocidad Crítica .....	24
2.3.3 Numero de Reynolds .....	24
2.3.4 Flujo Turbulento .....	25
2.3.5 Pérdida de Carga en Tuberías.....	26
2.3.6 Pérdida de Carga menores o secundarias.....	26
2.4 Sistemas Complejos de tuberías para flujo de agua.....	28
2.4.1 Tuberías Compuestas y Equivalentes .....	28
2.4.2 Tuberías en serie o compuestas .....	29
2.4.3 Tuberías ramificadas .....	30
2.4.4 Red de Tuberías .....	31



2.5	Descarga de agua a través de orificios y rociadores .....	35
2.5.1	Coeficiente de Velocidad .....	36
2.5.2	Coeficiente de Contracción.....	36
2.5.3	Coeficiente de Descarga.....	36
2.5.4	Perdida de Carga.....	37
2.6	Descarga de agua a través de impulsor o bomba. ....	37
2.6.1	Bomba Centrifuga.....	37
2.6.2	Características de la bomba centrifuga.....	39
2.7	Fuego e Incendio .....	48
2.7.1	Fuego.....	49
2.7.2	Incendio .....	56
	<b>CAPITULO III.....</b>	<b>61</b>
	<b>DESARROLLO METODOLÓGICO .....</b>	<b>61</b>
3.1	Protección de almacenes con rociadores automáticos .....	61
3.1.1	Estándares de almacenamiento FM Global .....	62
3.1.2	Protección de almacenamiento en FM Global .....	62
3.1.3	Aplicación de rociadores automáticos en almacenamiento .....	63
3.2	Protección a través de Gabinetes Contra Incendio.....	68
3.3	Descripción y Alcance del Proyecto .....	68
3.4	Análisis e Identificación de Riesgos Según la Normativa .....	70
3.4.1	Almacén de productos terminados, materia prima y área de descarga .....	70
3.4.2	Almacén de Líquidos Inflamables .....	71
3.4.3	Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Sala de Reuniones) + terraza.....	73
3.5	Criterio y Parámetros de Diseño.....	73
3.5.1	Almacén de Productos Terminados, Materia Prima y Área de Descarga.....	73
3.5.2	Almacén de Líquidos Inflamables .....	73
3.5.3	Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Sala Reuniones) ..	76
3.6	Filosofía de Funcionamiento.....	77
3.7	Descripción del Sistema de Protección de Incendios con Agua .....	78
3.7.1	Bomba de agua contra incendio .....	78
3.7.2	Electrobomba Jockey.....	79
3.7.3	Tablero Controlador .....	80
3.7.4	Red de Agua Contra Incendio.....	80

3.7.5 Sistema de Rociadores en Almacén de Productos Terminados, Materia Prima y Área de Descarga .....	81
3.7.6 Sistema de Protección Contra Incendio en Almacén Líquidos Inflamables ..	81
3.7.7 Sistema de Rociadores en Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Sala de Reuniones) .....	82
3.7.8 Sistema de Rociadores en Cuarto de Bombas .....	83
3.7.9 Sistema Clase I (Red Perimetral de Toma de Bomberos Contra Incendio) ..	83
3.7.10 Sistema Clase III (Red Interna de Toma de Bomberos Contra Incendio) ...	83
3.7.11 Reserva de Agua Contra Incendio .....	84
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>86</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>86</b>
4.1 Parámetros y Resultados del Diseño .....	86
4.2 Proceso del Calculo Hidráulico .....	86
4.2.1 Formula de perdida de carga por fricción .....	86
4.3 Resultados por Zonas del Proyecto .....	87
4.3.1 Sistema de protección en zona Z1 .....	87
4.3.2 Sistema de protección en zona Z2 .....	89
4.3.3 Sistema de protección en zona Z3 .....	93
4.3.4 Sistema de protección en zona Z4 .....	95
4.3.5 Sistema de protección en zona Z5 .....	98
4.3.6 Sistema de protección en zona Z6 .....	103
4.3.7 Sistema de protección en zona Z7 .....	105
4.3.8 Determinación de la capacidad de la bomba contra incendio .....	106
4.3.9 Determinación de la capacidad de la cisterna contra incendio .....	107
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores de la tensión de vapor y de la densidad del agua según la temperatura	42
Tabla 2	Comparativo del diseño existente y nuevo diseño de protección contra incendio	61
Tabla 3	Espaciamiento de los rociadores de almacenamiento a nivel de techo bajo una construcción de techo sin obstrucciones	65
Tabla 4	Directrices de protección a nivel del techo para productos de plástico no expandido sin cartón en arreglos de almacenamiento en estantes abiertos	68
Tabla 5	Bomba de agua contra incendio	79
Tabla 6	Resultados de los parámetros de diseño	86
Tabla 7	Resultados de flujo y presión Rociadores zona Z1	90
Tabla 8	Resultados de flujo y presión mangueras zona Z1	90
Tabla 9	Resultados de flujo y presión Rociadores zona Z2	92
Tabla 10	Resultados de flujo y presión mangueras zona Z2	93
Tabla 11	Resultados de flujo y presión Rociadores zona Z3	94
Tabla 12	Resultados de flujo y presión mangueras zona Z3	95
Tabla 13	Resultados de flujo y presión Rociadores zona Z4	96
Tabla 14	Resultados de flujo y presión mangueras zona Z4	97
Tabla 15	Fire Protection criteria for ignitable Liquids in plastic or glass containers	98
Tabla 16	Resultados de flujo y presión Rociadores zona Z5	99
Tabla 17	Resultados de flujo y presión mangueras zona Z5	99
Tabla 18	Resultados de cantidad de concentrado AR-AFFF	100
Tabla 19	Consideraciones para el diseño de rociadores en zona Z6	102
Tabla 20	Resultados de flujo y presión mangueras zona Z6	102
Tabla 21	Resultados de flujo y presión mangueras zona Z6	103
Tabla 22	Consideraciones para el diseño de rociadores zona Z7	104
Tabla 23	Resultados de flujo y presión Rociadores zona Z7	105
Tabla 24	Resultados de flujo y presión Rociadores zona Z7	105
Tabla 25	Capacidad de la Bomba Contra Incendio	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de Ubicación	13
Figura 2	Elemento de fluido sometido bajo presión normal residual y presión de velocidad	21
Figura 3	Punto de flujo: Energía cinética por unidad de peso, energía de presión residual por unidad de peso y energía potencial gravitatoria por unidad de peso	23
Figura 4	Flujo laminar: perfil de velocidad	24
Figura 5	Sistemas con varias tuberías: (a) tuberías en serie, (b) en paralelo;(c) tuberías ramificadas	28
Figura 6	Tuberías en paralelo, la pérdida de carga es la misma en cada tubería, y la razón de flujo total es la suma de las razones de flujo en las tuberías individuales. Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones	30
Figura 7	Tuberías ramificadas en un sistema de rociadores contra incendio	31
Figura 8	El análisis de redes de tuberías es muy útil para los sistemas de distribución de agua si se dispone de datos precisos de las pérdidas del sistema	32
Figura 9	Flujos posibles a través de la red de tuberías de agua	34
Figura 10	Red de rociadores en oficinas	35
Figura 11	Partes fundamentales de una bomba centrífuga común	38
Figura 12	Bomba centrífuga: sentido en el que circula el agua y componentes esenciales	38
Figura 13	Bomba centrífuga horizontal de carcasa partida	39
Figura 14	Daños graves producidos en rodetes y álabes debido a la cavitación	40
Figura 15	Ejemplos de instalación de bombeo en carga y en aspiración	41
Figura 16	Curva de NPSHreq	43
Figura 17	Curva altura de carga-caudal de la bomba (curva continua) y curva altura de carga total del sistema de bombeo en función del caudal (curva a trazos)	45

Figura 18	Curvas características de la bomba centrífuga para la Selección del rendimiento requerido de una bomba	46
Figura 19	Bomba centrífuga de carcasa partida, bomba jockey, válvulas, conectores, manómetros y paneles de control de las bombas comunes para un sistema de bombeo contra incendios	48
Figura 20	Triángulo del fuego	49
Figura 21	Tetraedro del fuego: Los cuatro actores necesarios para que tenga continuidad y propagación el fuego	50
Figura 22	Hay cinco clases principales de fuego	52
Figura 23	Protección de almacenes con rociadores	61
Figura 24	Planta 1 Nivel	69
Figura 25	Planta 2 Nivel	69
Figura 26	Almacén de productos terminados	71
Figura 27	Almacén de líquidos inflamables	72
Figura 28	Construcción de almacén	76
Figura 29	Filosofía de funcionamiento	77
Figura 30	Presión vs Caudal	80

## Resumen

El centro de distribución de la empresa Farminustria ubicada en Lurín, actualmente se tiene en funcionamiento un Sistema Contra Incendio a base de agua bajo requerimientos locales y según el Reglamento Nacional de Edificaciones, compuesto por un sistema de Rociadores automáticos, Mangueras contra Incendio y una bomba contra incendio 1000@150 psi.

Sin embargo, Farminustria es adquirida por la transnacional Abbott Laboratorios en el 2014 que cuenta con seguros Internacionales como es el caso de FM Global, por exigencia de ello se diseñará un nuevo sistema de protección contra incendios con suministro de agua, para los almacenes de materias primas y productos terminados farmacéuticos y líquidos inflamables, y un edificio de dos plantas para oficinas, grupo generador y otros, que cumpla la normativa internacional de prestigio y alta confiabilidad como son UL, FM GLOBAL. La protección que proporciona este sistema está íntimamente relacionada con el sistema de evacuación, detección y alarma de incendios. En el desarrollo de esta investigación, se emplearon las definiciones fundamentales de mecánica de fluidos y resistencia de materiales para obtener cálculos hidráulicos y mecánicos, es decir con elevados estándares, que permitió la elección de los equipos de bombeo convenientes, cumpliendo las exigencias de caudal y presión del sistema a abordar, que garantice a la empresa Farminustria SA los niveles más altos de seguridad y confiabilidad cuando use este sistema de protección contra incendios para los Almacenes de Lurín, departamento de Lima, Perú.

Palabras clave: Sistema, protección, seguridad, confiabilidad, incendios.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

En el área industrial farmacéutica de grandes empresas corporativas, los incendios pueden causar grandes pérdidas financieras, lo que puede conducir al cierre de dichas organizaciones. Por este gran riesgo, hace unos años atrás, un adecuado sistema de protección contra incendio por agua de trabajo automático, de alta seguridad, cumpliendo exigentes normas FM global en su diseño e instalación, que logre extinguir o controlar un incendio.

Actualmente, poseer un sistema de protección contra incendios es responsabilidad de las autoridades locales para proteger la vida y la propiedad de las personas. En el sector industrial, el sistema contra incendios más habitual y eficiente es un sistema formado por una red de rociadores y armarios dotados de equipos de bombeo cuya función es reducir el fuego enfriándolo, lo que se consigue aplicando directamente grandes gotas de agua que caer sobre las llamas.

En la elaboración de este trabajo, se emplearon las definiciones fundamentales de mecánica de fluidos y resistencia de materiales para obtener cálculos hidráulicos y mecánicos con elevados estándares, que faculte la elección de los equipos de bombeo convenientes, que obedezca son las exigencias de caudal y presión del sistema a abordar, que garantice a la empresa Farmindustria SA los niveles más altos de seguridad y confiabilidad cuando use este sistema de protección contra incendios para los Almacenes de Lurín que son de propiedad privada y se encuentra ubicado en la Av. Industrial, S/N Calle B Lote 4 MZA, Urb. Centro Industrial Las Praderas de Lurín, departamento de Lima, Perú.

## 1.2 Descripción de la problemática

Un sistema de incendio de alta confiabilidad debe ir diseñado con los más altos estándares del mercado existente. En países de gran tecnología como España, existen sistemas de agua contra incendios de gran avanzada. Al respecto, Casquet (2015), afirma que este tipo de sistema poseen: “equipos de impulsión y red general de incendios destinado a asegurar, para uno o varios sistemas específicos de protección, el caudal y presión de agua necesarios...”

Lo que respecta a Farminindustria, el lugar específico donde está enfocado el trabajo posee un terreno de 20 000 m<sup>2</sup>, de los cuales solo se construyó un área de 8222.96 m<sup>2</sup> los almacenes. Para el estudio de suelos, se efectuaron varias calicatas para estudiar directamente el suelo, por lo que este procedimiento se convirtió en el método de investigación que proporcionó la información de identificación geotécnica topográfica más fidedigna y completa. Este almacén es la edificación más grande del centro de distribución, por lo tanto, esta área es la de mayor riesgo de ocurrencia de un incendio por contener una alta cantidad y combustibilidad de productos almacenados a gran altura.

De acuerdo con Panduro (2020), “se requieren sistemas adecuados para la protección y resguardo de instalaciones, personas, materiales y herramientas”. Ya que Farminindustria cuenta con un almacén tiene una construcción del tipo combustible en su mayoría conformada en todo su perímetro con paredes de bloques de concreto texturado de hasta una altura de 3.5 m. y el resto de las paredes conformadas por paneles de thermomuro CCA Pol de color gris acero de Precor de hasta 12.50 m y un techo de thermotecho aprobado por FM Global. Sin embargo, el almacén tiene actualmente un sistema de protección con agua contra incendio que fue diseñado e



instalado con criterios y tecnología de hace varias décadas atrás y por lo tanto requiere un sistema actualizado.

Según Masquiarán (2019), menciona que “la protección contra incendios es el conjunto de medidas que se implementan en los edificios con el fin de protegerlos contra la acción del fuego”. Por lo tanto, se hace necesario efectuar una serie de labores tendientes a establecer esas medidas de protección para proporcionar los niveles más altos de seguridad.

Un sistema contra incendios es esencial para cualquier empresa, ya que garantiza una respuesta acertada ante algún evento o situación que pueda amenazar la seguridad de las personas y los bienes. Según Global Property (2013) se afirma que: “estos sistemas representan un elemento fundamental para minimizar la probabilidad de pérdidas significativas o cuantiosas a causa de que se produzcan incendios de grandes proporciones en cualquier tipo de instalaciones”. Se proporcionan datos estadísticos para demostrar la eficacia de los equipos de protección contra incendios cuando se diseñan y se mantienen correctamente.

### **1.3 Ubicación del Proyecto**

Las instalaciones pertenecientes al proyecto “Sistema de Protección de Incendios con Agua para los Almacenes de Lurín de Farminindustria SA”, son de propiedad privada y se encuentra ubicado en la Av. Industrial, S/N Calle B Lote 4 MZA, Urb. Centro Industrial Las Praderas de Lurín, departamento de Lima, Perú.



*Figura 1. Mapa de ubicación  
Fuente: Google maps (2022)*

### **Propuesta de solución**

En la actualidad se tiene diseñado e instalado un sistema de protección contra incendio a base de agua que cumple algunos criterios normativos locales y según RNE, por ello es necesario realizar un nuevo diseño que permita garantizar la protección contra incendio de todo el almacén de Farminindustria, cumpliendo no solo normativas locales además de estándares y normativas internacionales. La propuesta consiste en calcular y diseñar un sistema de extinción que está conformado por una red de rociadores automáticos, para cumplir con lo especificado en la data sheet de FM Global, y red de gabinetes de lucha contra incendio e extintores para las áreas comunes del almacén, con suplencia de agua independiente con un volumen de 680 m<sup>3</sup> de capacidad, impulsada por un sistema de bombeo automático listado y certificado de 3000 gpm y un número de 12 tomas siamesas para bomberos ubicadas a los costados del edificio, los diferentes escenarios de incendio de acuerdo a los riesgos existentes en el almacén, tuberías de diámetros y material debidamente seleccionados. El sistema está apoyado por una red pública de hidrantes alrededor del almacén. El presente estudio contempla la protección de las siguientes áreas: (Ashafi, et., alo., 2010)

- Almacén de Productos Terminados, Materia Prima y Área de Descarga
- Almacén de Líquidos Inflamables
- Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Salas de Reuniones)  
+ Terraza.

El éxito de este sistema se mide, a decir de Gratton, J. (2001) “a través de factores tales como la reducción de incidentes, sugerencias de los ocupantes y encuestas que comparan el nivel de conciencia frente a la prevención antes y después de la implementación del programa”. Por lo tanto, El sistema contra incendio implementado debe ser supervisado por medio de un sistema de detección y alarma para incendios, a fin de evitar anomalías o eventos que eviten el funcionamiento normal del sistema de agua contra incendios ante un siniestro.

## **1.4 Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un sistema de seguridad contra incendios a base de agua según hojas técnicas de FM Global, que proporcione los niveles más altos de seguridad y confiabilidad a la empresa Farminindustria SA.

### **Objetivos Específicos**

Determinar el nivel de riesgo para el sistema de protección contra incendio en la empresa Farminindustria SA.

Diseñar el sistema de rociadores de acuerdo con los riesgos del establecimiento teniendo en consideración las máximas áreas permitidas basadas en el data sheets “FMDS0200” en la empresa Farminindustria SA.

Determinar la capacidad de la bomba para la red contra incendios tomando en cuenta los planos de instalación del sistema según los requerimientos indicados en el data sheets “FMDS0307”.

#### **1.4 Justificación**

Actualmente, las operaciones de las empresas farmacéuticas están experimentando cambios enormes y trascendentales. El progreso tecnológico inicia el desarrollo de nuevos materiales tecnológicos y aplicaciones de materiales, productos químicos, tipos de cimientos, espacios industriales que generan riesgos laborales y la práctica segura de operación. Se deben tener en cuenta los riesgos de incendio o explosión que pudieran tener su origen en las propiedades fisicoquímicas de las materias primas, principios activos, fármacos u otros compuestos almacenados. Esto se ve facilitado por los grandes espacios que aumentan el riesgo de accidentes o incendios.

Según Masquiarán (2019), Un sistema contra incendios es: “un elemento fundamental para toda organización, pues permite atender en forma oportuna cualquier situación o evento que pueda representar una amenaza para la seguridad de las personas y de las instalaciones”. Esta monografía presenta un cálculo y diseño del sistema de agua contra incendios, de alta seguridad cumpliendo exigentes normas FM global que ha sido desarrollada para los “almacenes de Lurín de FARMINDUSTRIA S.A.”, en la misma se especifican los requerimientos mínimos que se tuvieron en cuenta para la implementación del Sistema de Protección de Incendios con Agua más moderno que el que se encuentra actualmente instalado.

Por otra parte, sin dejar de tomar aspectos básicos de normas como las NFPA, donde, conforme a Masquiarán (2019) “tienen como objeto la generación de un óptimo

nivel de protección contra incendios, no sólo de los ocupantes, sino también de las instalaciones, mediante la normalización de los requisitos de diseño, instalación, prueba de los sistemas, equipos, materialidades, entre otros...”.

Es de resaltar que INDECI, CGBVP y otras direcciones de riesgos en sus diferentes niveles han realizado una labor significativa con el fin de gestionar las actividades, especialmente aquellas que presentan mayores riesgos, al aprobar leyes, normas y reglamentos que intentan reducir los riesgos en la fuente por medio de la prevención.

El diseño del trabajo estuvo referido a los códigos y estándares mostrados a continuación:

FMDS0404: Standard for Standpipe and hose Systems.

FMDS0200: Installation Guidelines for Automatic Sprinklers.

FMDS0208: Earthquake Protection for Water-Based Fire Protection Systems.

FMDS0307: Fire Protection Pumps.

FMDS0326: Fire Protection Water Demand for Nonstorage Sprinklered Properties.

FMDS0729: Ignitable Liquid Storage in Portable Containers.

FMDS0809: Storage of Class 1, 2, 3, 4 and Plastic Commodities

FMDS0783: Drainage and Containment Systems for Ignitable Liquids

Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú: Título III, Norma A130

En cuanto a las normas sobre gestión de riesgos, se basan en las normas ISO y deben organizar principalmente la gestión organizativa de las distintas áreas; estos estándares son publicados por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) y son el lenguaje frecuente de las organizaciones alrededor del mundo, en otras palabras, su obediencia le permite certificar el acatamiento de parámetros de

calidad registrados internacionalmente; si bien existen diferentes estándares de gestión de riesgos, los estándares más representativos conforme EALDE Business School (2019) son los mostrados a continuación:

a) “ISO 31000” dirigida a la Gestión de Riesgos, donde detalla las directrices y principios que debe obedecer un sistema de gestión de riesgos.

b) “ISO 9001” de Sistemas de Gestión de Calidad

Es importante afirmar que la principal fuente técnica con respecto a los sistemas de incendios es la NFPA (National Fire Protection Association). Según Portillo, (2019)., manifiesta que: “una referencia técnica mundial para el desarrollo y difusión de información, datos y parámetros sobre seguridad contra incendios y de vida”. El cual se encuentra ubicado en Quincy, Massachusetts, EE.UU. Señala Portillo que “la NFPA es una organización internacional que desarrolla normas, fue fundada en 1896, su objetivo es proteger gente, propiedades y el medio ambiente del fuego”.

La promoción de una cultura de prevención del riesgo laboral en el Perú, de acuerdo con lo determinado en el reglamento de la ley (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2017). Por otro lado, con respecto a la importancia de la SST, en nuestro país se ha fundado la Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Señala Masquiarán (2019), que esta política es la “principal herramienta para generar una cultura sobre la prevención de riesgos laborales en el país, estableciendo objetivos, principios y ejes de acción del Estado, con participación de empleadores y trabajadores”. Este documento fue publicado en el “Decreto Supremo N° 002-2013-TR”, el objetivo es prevenir enfermedades laborales, accidentes y reducir su impacto en la salud de los empleados (Congreso de la República, 2013).

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

De acuerdo con Moya (2021), en su investigación tuvo como objetivo elaborar una metodología del diseño de un sistema de protección contra incendio a base de agua por medio de un manual con el fin de cubrir un área comercial de hasta 800m<sup>2</sup> fundamentado es la norma NFPA 13. La metodología con el fin de proyectar un sistema de protección contra incendio a base de agua por medio de un manual, se busca cubrir un área comercial de hasta 800 m<sup>2</sup> fundamentado en el reglamento nacional de edificaciones (RNE) y la asociación nacional de protección contra el fuego (NFPA). Se llegó a la conclusión que el método de diseño del sistema de protección contra incendios podría abarcar áreas comerciales de hasta 800m<sup>2</sup> utilizando un manual que muestre el FluidFlow en un total de cinco pasos a seguir para diseñar según normas y aplicaciones.

A su vez, Liza y Pizarro (2019), en su investigación tuvieron como objetivo Estimar cuánto disminuyen las pérdidas en la infraestructura de procesadora agrícola con el nuevo sistema de protección contra incendios de agua nebulizada. El diseño incorpora un sistema de detección electrónico combinado con un sistema de extinción de incendios mediante agua nebulizada, que en conjunto reducen los daños catastróficos o permanentes y brindan un grado de seguridad empresarial. El diseño sigue un método de ingeniería ejecutable a cualquier tipo de estructura pública o privada y además es auditado, monitoreado e inspeccionado por las autoridades responsables.

## 2.2. Bases teóricas fundamentales

### 2.2.1. Flujo de Fluido

El flujo de fluidos es complejo y no siempre se puede estudiar con precisión a través del análisis matemático. A diferencia de los sólidos, las partículas en un fluido en movimiento tienen la capacidad de tener distintas velocidades y diferentes aceleraciones.

De acuerdo con Schaum (2010), hay tres principios básicos que se destinan al flujo de fluidos y son:

- a) “El principio de conservación de la masa”, donde el cual se determina la ecuación de continuidad.
- b) “El principio de la energía cinética”, donde el cual se derivan ciertas ecuaciones aplicables al flujo.
- c) “El principio de la cantidad de movimiento”, donde el cual se derivan ecuaciones con el fin de estimar las fuerzas dinámicas practicadas por el fluido en movimiento.

### 2.2.2. Ecuación de Continuidad

La ecuación de continuidad parte del principio de conservación de la masa. Según Schaum (2010), para un flujo de estado estacionario unidimensional, la masa de fluido que pasa a través de cualquier parte del flujo de fluido por unidad de tiempo es constante (C).

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = C \quad (1)$$



Donde:

$\rho_1$ : Densidad del fluido en la sección 1 de la corriente aguas arriba

$A_1$ : Área de la sección recta 1 de la corriente aguas arriba

$V_1$ : Velocidad media en la sección 1 de la corriente aguas arriba

$\rho_2$ : Densidad del fluido en la sección 2 de la corriente aguas abajo

$A_2$ : Área de la sección recta 2 de la corriente aguas abajo

$V_2$ : Velocidad media en la sección 2 de la corriente aguas abajo

Luego, multiplicando la ecuación 1 por la aceleración de la gravedad  $g$ , se tiene:

$$g\rho_1 A_1 V_1 = g\rho_2 A_2 V_2 \quad (2)$$

Como  $g \cdot \rho$  es peso específico  $\gamma$ , se tiene:

$$\gamma_1 A_1 V_1 = \gamma_2 A_2 V_2 \quad (3)$$

Donde:

$\gamma_1$ : Peso específico del fluido

$A_1$ : Área de la sección

$V_1$ : Velocidad media en la sección

$\gamma_2$ : Peso específico del fluido en la sección

$A_2$ : Área de la sección

$V_2$ : Velocidad media en la sección

Para fluidos incompresibles y para cada uno de los casos prácticos en que  $\gamma_1 = \gamma_2$ , la ecuación (2) se desarrolla en:

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = Q \quad (4)$$

Donde:

Q: Es el caudal que se mide normalmente en  $m^3/s$  o bien en  $l/s$ .

La ecuación de continuidad para un flujo permanente incompresible bidimensional es:

$$A_{n1}V_1 = A_{n2}V_2 = A_{n3}V_3 = \text{constante} \quad (5)$$

Donde las cantidades  $A_n$  simbolizan las áreas normales a los correspondientes vectores velocidad. (Shaum, 2010)

### 2.2.3. Energía y altura de carga

En flujos de fluidos en conductos se considera que la energía se manifiesta de tres maneras diferentes: potencial gravitatoria, cinética y energía de presión.

Si se considera un elemento o porción de fluido en la tubería mostrada en la figura se observa que éste está ubicado a la altura de elevación ( $z$ ) sobre una línea de referencia, posee una velocidad promedio ( $V$ ) y una presión ( $p$ ).

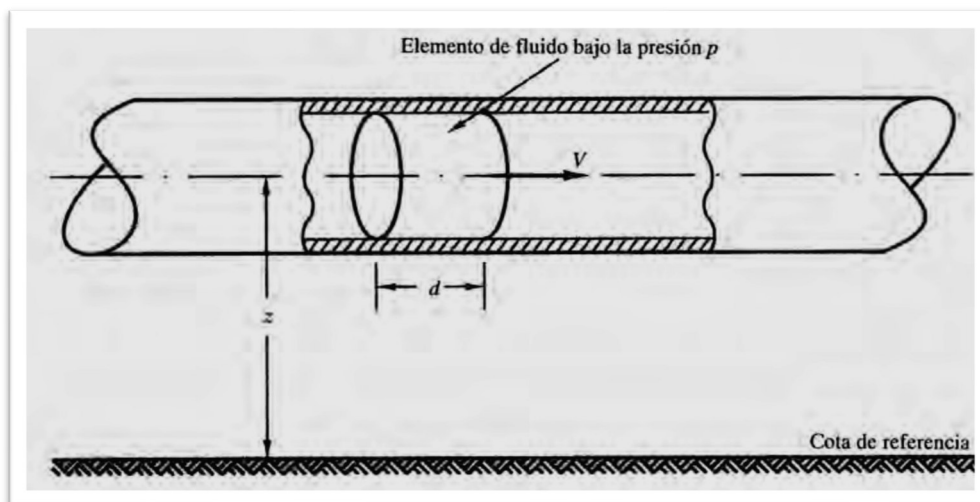


Figura 2. Elemento de fluido sometido bajo presión normal residual y presión de velocidad.

Fuente: Schaum (2010)

Luego, debido a la altura de elevación, dicho elemento tendrá energía potencial gravitatoria (EPG) que es igual al producto de su peso (mg) por (z), es decir (m.g.z).

También, como dicho elemento tiene velocidad V y masa m, tendrá energía cinética (EC), que es igual a un medio del producto de su masa por su velocidad al cuadrado, es decir, (m. V<sup>2</sup>/2). El elemento fluido de longitud d y de sección A debe ser forzado para moverse esa distancia contra la presión, o sea requiere de una energía de presión de flujo (EPF) con la que realizara dicho trabajo, cuya fuerza es equivalente a la multiplicación de la presión por el área de la sección, o sea p.a., que será multiplicada por la distancia recorrida d, es decir p.A.d , pero A. d representa el volumen del elemento y puede ser reemplazado por el cociente entre el peso w y el peso específico  $\gamma$  , w/ $\gamma$  , luego el EPF será igual a (p. w/ $\gamma$ ) ,el peso w es igual a m.g, por lo tanto la energía total E es:

$$E = wz + \frac{w.V^2}{2g} + \frac{p.w}{\gamma} \quad (6)$$

Para los cálculos de flujo de fluidos es conveniente emplear la energía por unidad de peso, es decir altura de carga, cuya unidad S. I es el metro m. Luego la ecuación (5) se puede dividir entre w, y así se puede expresar la altura de carga total (H) como:

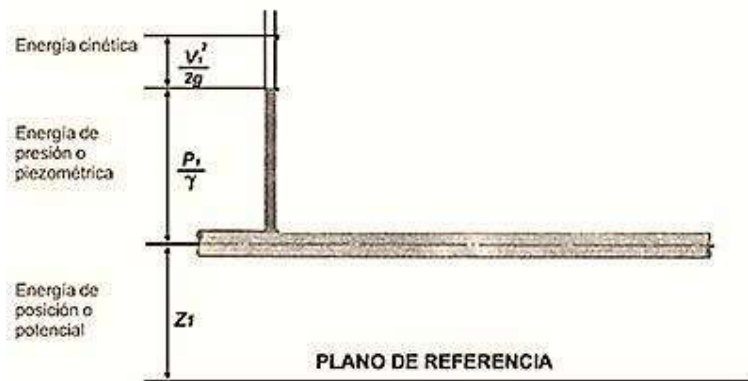
$$H = z + \frac{.V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} \quad (7)$$

Donde:

z: altura de elevación, cota topográfica, altura geodésica, en m

V<sup>2</sup>/2g: altura de velocidad, altura de presión de velocidad, en m

p/ $\gamma$ : altura de presión normal residual, en(m).



*Figura 3.* Punto de flujo: Energía cinética por unidad de peso, energía de presión residual por unidad de peso y energía potencial gravitatoria por unidad de peso.  
Fuente: Monge (2021)

### 2.3. Flujo de Fluidos en Tuberías

El principio de la energía se aplica en la solución de problemas prácticos de flujos en tuberías. El flujo de fluidos reales es mucho más complicado que el flujo de fluidos ideales, esto, por la viscosidad del fluido real, se producen fuerzas cortantes entre las partículas de fluido y las paredes límite y entre las distintas capas del fluido durante su movimiento. Las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales resuelven el problema del flujo (ecuación de Euler) de una manera general que suele ser intratable. Por lo tanto, los problemas prácticos de flujo se abordan utilizando datos experimentales y métodos semiempíricos.

En el flujo real, hay dos tipos de flujo permanente: laminar y turbulento. Ambos tipos de flujos están sujetos a leyes diferentes.

#### 2.3.1. Flujo Laminar

En el flujo laminar, las partículas de fluido siguen caminos paralelos y forman láminas o capas. Los módulos de velocidad de las capas contiguas no poseen el

mismo valor. El flujo laminar se rige por la ley que asocia el esfuerzo cortante ( $\tau$ ) con la velocidad angular del esfuerzo, en otras palabras, el esfuerzo cortante es equivalente a la viscosidad absoluta ( $\mu$ ) del fluido multiplicada por el producto del gradiente de velocidad  $\tau = \mu \cdot dV/dy$ . La viscosidad absoluta de los fluidos es la magnitud física más importante, cuyo efecto es suprimir cualquier tendencia a la turbulencia.

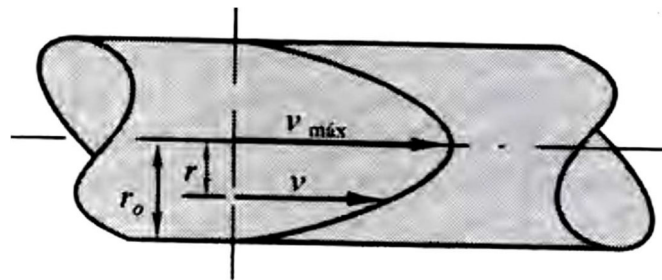


Figura 4. Flujo laminar: perfil de velocidad.  
Fuente: Schaum (2010).

### 2.3.2. Velocidad Crítica

Es la velocidad donde toda la turbulencia es amortiguada por la viscosidad del fluido. La experiencia demuestra que, en la mayoría de los casos prácticos, el límite superior del régimen de flujo laminar en tubos está determinado por el número de Reynolds de aprox. 2000.

### 2.3.3. Numero de Reynolds

El número de Reynolds (Re) es un conjunto adimensional determinado por el coeficiente de fuerza de inercia entre fuerzas viscosas. Para tuberías circulares con flujo de tubería total:

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{V \cdot D}{\mu/\rho} = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{V \cdot (2R)}{\nu} \quad (8)$$

Donde:

$V$  = velocidad media del flujo en m/s

$D$  = diámetro de la tubería en m

$R$  = radio de la tubería en m

$\nu$  = viscosidad cinemática del fluido en  $\text{m}^2/\text{s}$

$\rho$  = densidad del fluido en  $\text{kg}/\text{m}^3$

$\mu$  = viscosidad absoluta en  $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

#### 2.3.4. Flujo Turbulento

En un flujo turbulento, las partículas del fluido se agitan aleatoriamente en todas las trayectorias. No es posible describir la trayectoria de partículas individuales.

La tensión cortante en el flujo turbulento puede delimitarse de esta manera:

$$\tau = (\mu + \eta) \cdot \frac{dV}{dy} \quad (9)$$

Donde:

$\eta$  = Es un componente que está supeditado las cualidades de densidad y movimiento del fluido.

El primer término ( $\mu$ ) entre paréntesis simboliza efectos de viscosidad, mientras que el segundo término ( $\eta$ ) representa efectos turbulentos.

A partir del resultado obtenido experimentalmente, se puede obtener el valor del esfuerzo cortante en el caso de flujo turbulento. (Schaum, 2010).

### 2.3.5. Pérdida de Carga en Tuberías

#### 2.3.5.1. Pérdida de Carga en Flujo Laminar

En el flujo laminar, la pérdida de carga ( $H_f$ ) es otorgada por la fórmula de Hagen-Poiseuille. (Schaum, 2010)

$$H_f = \frac{32\mu LV}{\gamma D^2} = \frac{32\nu LV}{gD^2} \quad (10)$$

#### 2.3.5.2. Pérdida de Carga en Flujo Turbulento y Laminar

Formula de Darcy – Weisbach

La fórmula de Darcy-Weisbach es el desarrollo básico con el fin de calcular la pérdida de carga ( $H_f$ ) en conductos y tuberías, la ecuación es:

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (11)$$

Donde:

$f$  = coeficiente de fricción

$L$  = longitud de la tubería o conducto

$D$  = diámetro interior de la tubería en m

La altura exacta de la velocidad en un segmento recto se obtiene dividiendo el cuadrado de la velocidad promedio  $V$  por  $2g$  y del producto del resultado por el factor  $\alpha$ . En el régimen turbulento de tuberías y canales,  $\alpha$  tiene la facultad de describirse igual a la unidad sin error significativo en el resultado.

#### 2.3.6. Pérdida de Carga menores o secundarias

El resto de pérdidas, que hasta el momento no se han tenido en cuenta, se clasifican bajo el término pérdidas menores de carga ( $H_m$ ). Suelen ocurrir porque

hay un cambio significativo en la disposición del flujo. Así, surgen del estrechamiento o ensanchamiento (tanto repentino como gradual) de tuberías, válvulas, codos, accesorios, etc., así como de las aberturas de entrada o salida. En algunos casos, estas pequeñas pérdidas tienen la facultad de ser muy significativos.

Las pérdidas de flujo de entrada ocurren cuando el fluido fluye hacia una tubería desde un tanque o depósito. La cantidad de pérdida está supeditada por la forma de la entrada. Si la forma es circular, la pérdida será muy pequeña. La pérdida por drenaje ocurre cuando el líquido se drena en un tanque o contenedor grande. Una pérdida repentina por constricción ocurre cuando una sección recta de tubería se estrecha repentinamente, mientras que una pérdida repentina por expansión ocurre cuando hay una interrupción de una sección a otra más grande. De manera similar, las pérdidas que aumentan gradualmente y las pérdidas que disminuyen gradualmente ocurren cuando la transición de una parte a otra es suave. (Schaum, 2010)

Los análisis teóricos de pérdidas de carga menores suelen ser muy difíciles, en otras palabras, estas pérdidas se evalúan por medio de métodos experimentales. Suelen expresarse en función de la velocidad y la altitud. Matemáticamente, la pérdida de carga menor ( $H_m$ ) es:

$$H_m = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (12)$$



## 2.4. Sistemas Complejos de tuberías para flujo de agua

### 2.4.1. Tuberías Compuestas y Equivalentes

#### Tuberías Equivalentes

Una tubería se ajusta a la tubería o sistema de tuberías original si el flujo requerido da como resultado la misma caída de presión en la tubería y en el sistema original. También puede definirse como: Si con la misma pérdida de presión, el caudal que transita por la tubería en cuestión es equivalente al caudal que circula por la tubería o sistema de tuberías original.

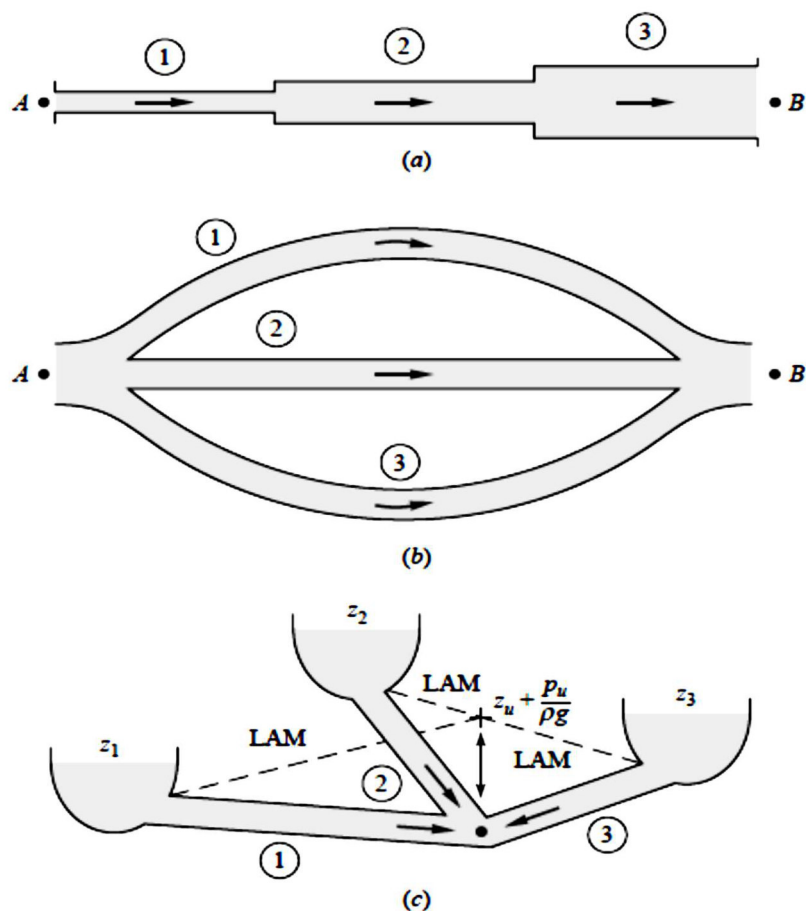


Figura 5. Sistemas con varias tuberías: (a) tuberías en serie, (b) en paralelo; (c) tuberías ramificadas.

Fuente: White (2014)

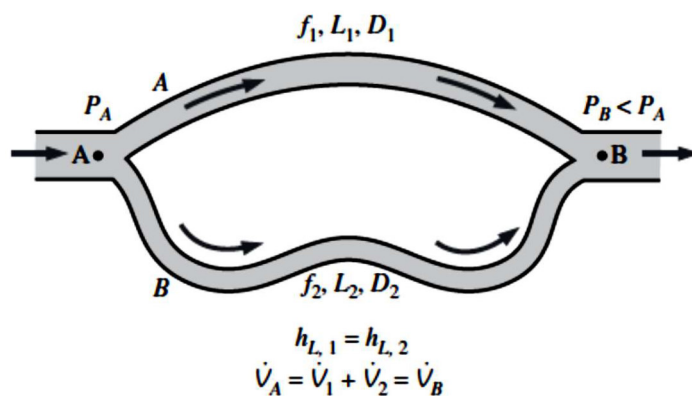
El cálculo de tuberías equivalentes consiste en establecer las pérdidas de carga a medida que se describen los tamaños de tuberías y caudal, o desarrollar los caudales delimitando las pérdidas de cargas y las dimensiones de las tuberías. Estos desarrollos se realizan generalmente mediante la fórmula de Hazen-Williams, que sólo es ejecutable en el caso del flujo de agua. A medida que se requiera una solución rápida y no muy estricta, pueden manejarse los diagramas en la fórmula de Hazen-Williams.

#### **2.4.2. Tuberías en serie o compuestas**

Dos o más tuberías, que están en un plano horizontal y que parten de un mismo punto (nudo) aguas arriba, están conectadas en paralelo cuando se vuelven a unir en otro punto común (nudo) aguas abajo. Para resolver problemas de tuberías en paralelo se aplicarán tres principios fundamentales.

El caudal entrante total en un nudo debe ser equivalente al saliente total en ese nudo. En cada ramal que conecta estos dos nodos, la pérdida de carga entre los dos nodos es la misma.

En el rango normal de velocidades encontrado en la práctica, el percentil del flujo total que circula a través de cada ramal que conecta los nodos aguas arriba y aguas abajo permanece invariable independientemente de la pérdida de presión entre los dos nodos.



*Figura 6.* Tuberías en paralelo, la pérdida de carga es la misma en cada tubería, y la razón de flujo total es la suma de las razones de flujo en las tuberías individuales. Mecánica de fluidos fundamentales y aplicaciones.

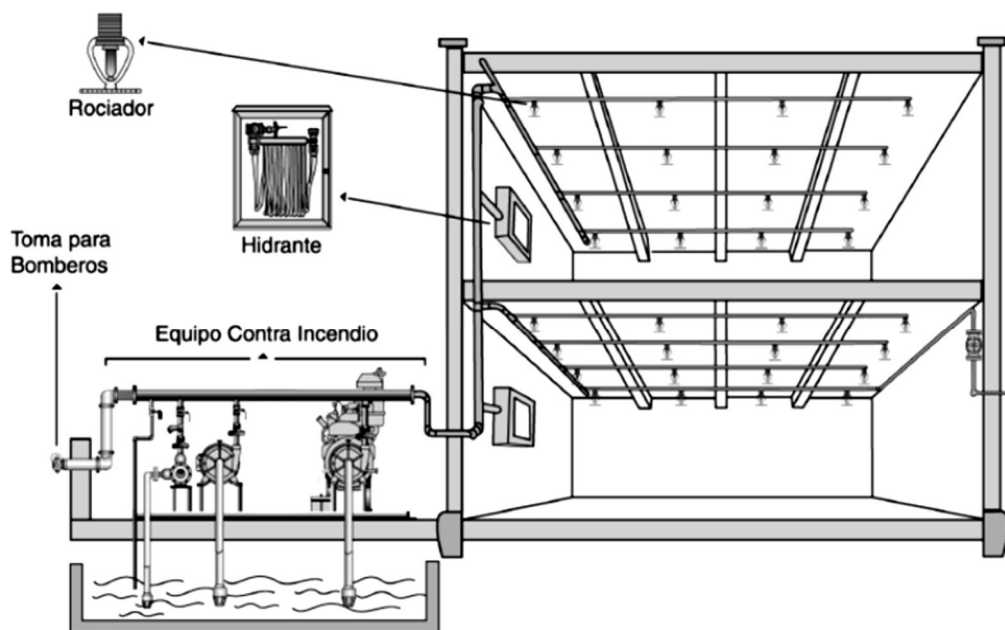
Fuente: Cimbala (2018)

### 2.4.3. Tuberías ramificadas

Un sistema de tuberías ramificada puede estar constituida por dos o más tuberías que vienen desde diferentes puntos aguas arriba y que se reducen a una sola tubería, o puede estar constituida por una o más tuberías que se dividen en uno o más tuberías aguas arriba y que no vuelven a unirse aguas abajo.

Los problemas comunes asociados con los sistemas de tuberías ramificadas incluyen establecer el flujo en cada tubería a medida que se describen otros datos, como la presión en cada entrada y salida de la tubería, sus niveles, datos de la tubería y cualidades del fluido. Este tipo de problemas se resuelve aplicando el principio de continuidad, que dice que el caudal total que llega a un nudo debe ser equivalente al caudal que abandona dicho nudo.

El caudal en cada tubería se desarrolla utilizando algunas fórmulas de tubería empíricas como Darcy-Weisback o Hazen-Williams en función de las pérdidas por fricción, las pérdidas secundarias y las diferencias de cotas.



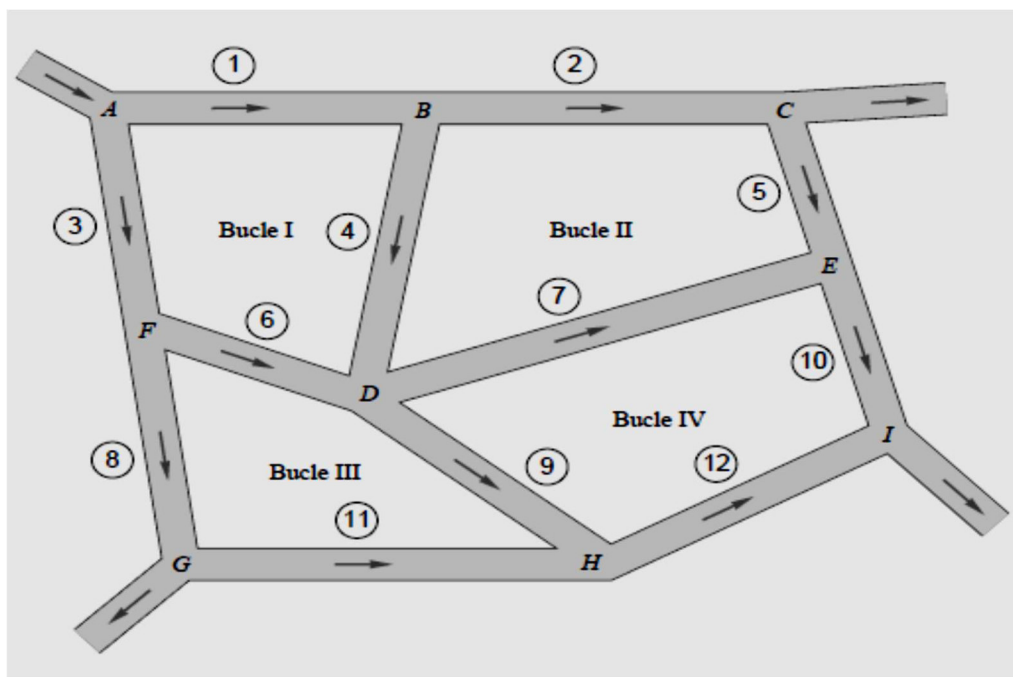
*Figura 7.* Tuberías ramificadas en un sistema de rociadores contra incendio  
Fuente: Cimbalá (2018)

Es conveniente utilizar el método de cálculo de aproximaciones sucesivas. Un buen enfoque es especificar la lectura de presión en un nodo en particular y luego desarrollar el caudal en cada tubería. Si el nodo satisface la ecuación de continuidad (la entrada total es equivalente a la salida total), el cálculo del caudal es correcto. De lo contrario, se usa altura piezométrica para la prueba (más alta si el flujo de entrada es demasiado alto, más baja si el flujo de salida es muy alto). Después de varios intentos, se obtuvo una solución satisfactoria.

#### 2.4.4. Red de Tuberías

Los sistemas de tuberías de agua contra incendios están conectados por tuberías de forma compleja con muchos puntos con caudales entrantes y salientes. Tal sistema de tuberías se conoce como red de tuberías y realmente es un conjunto

complejo de tuberías en paralelo y ramificadas. La red está conformada por lazos y cada lazo lo está por tuberías.



*Figura 8.* El análisis de redes de tuberías es muy útil para los sistemas de distribución de agua si se dispone de datos precisos de las pérdidas del sistema.

Fuente: White (2015)

El análisis numérico de las redes de tuberías para obtener soluciones apropiadas puede conseguirse al aplicar el método de Hardy Cross, cuyos pasos son los siguientes:

Fijar un caudal  $Q_0$  a todas las tuberías que conforman la red. El caudal se elige de tal manera que satisface el primer principio dado para tuberías en paralelo. Por medio de estos caudales supuestos  $Q_0$  se desarrollan las pérdidas de carga en cada tubería; para esto se emplea la fórmula de Hazen-Williams. Luego se desarrolla la suma algebraica de la pérdida de presión para cada circuito en la red de tuberías. El flujo en el sentido de las agujas del reloj generalmente se considera flujo positivo, lo que resulta en una pérdida de presión positiva, y el flujo en sentido antihorario

generalmente se considera flujo negativo, lo que resulta en una pérdida de presión negativa.

Conforme a segundo principio de tuberías paralelas: para cada rama que conecta dos nudos, la pérdida de presión entre los dos nudos debe ser igual, la suma algebraica de la pérdida de presión de cada circuito será cero, suponiendo que el caudal sea correcto.

Si se elimina la suma algebraica de las pérdidas de presión en cada circuito de la red, el caudal asumido primeramente es correcto y el problema queda resuelto. En una primera aproximación, la probabilidad de que el caudal correcto asumido sea el mismo es efectivamente cero, por lo que el siguiente paso es desarrollar la corrección del caudal en cada circuito de la red.

En un lazo para corregir los caudales supuestos, se debe hallar ( $\Delta$ ) Corrección del caudal de uno de los lazos, para ello, con ( $Q_0$ ) caudal supuesto para un tramo de tubería del lazo, ( $Q$ ) caudal real, y ( $LH$ ) pérdida de carga en todos los tramos de tubería que establecen el lazo; se comienza expresando ( $LH$ ), según la fórmula de Hazen-Williams, como:

$$LH = K(Q^{1.85}) \quad (13)$$

Luego, el caudal real es:

$$Q = Q_0 + \Delta \quad (14)$$

$$LH_{real} = K(Q^{1.85}) = K(Q_0 + \Delta)^{1.85} = K(Q_0^{1.85} + 1,85Q_0^{1.85-1} \Delta + \dots) \quad (15)$$

No se consideran los términos posteriores al segundo término por ser pequeño  $\Delta$  en contraste con  $Q_0$ , luego la expresión queda así:

$$K(Q^{1.85}) = K(Q_0 + \Delta)^{1.85} = K(Q_0^{1.85} + 1,85Q_0^{1.85-1} \Delta) \quad (16)$$

$$K(Q^{1.85}) = K(Q_0^{1.85} + 1,85Q_0^{1.85-1} \Delta) \quad (17)$$

$$K(Q^{1.85}) = KQ_0^{1.85} + 1,85K \frac{Q_0^{1.85}}{Q_0} \Delta \quad (18)$$

$$\sum K(Q^{1.85}) = \sum KQ_0^{1.85} + \sum 1,85K \frac{Q_0^{1.85}}{Q_0} \Delta \quad (19)$$

$$0 = \sum KQ_0^{1.85} + \sum 1,85K \frac{Q_0^{1.85}}{Q_0} \Delta \quad (20)$$

$$0 = \sum LH + \Delta 1,85 \sum \frac{LH}{Q_0} \quad (21)$$

$$\Delta = - \frac{\sum(LH)}{n \sum \left( \frac{LH}{Q_0} \right)} \quad (22)$$

Donde:

$\Delta$ : Corrección del caudal de uno de los lazos

$\sum(LH)$ =suma algebraica de las pérdidas de carga de cada uno de los tramos de tubería que forman el lazo

$n=1.85$  coeficiente para la fórmula de Hazen Williams

$Q_0$  = caudal supuesto en cada tramo de tubería del lazo

El paso final es efectuar correcciones de caudal, una por circuito, con el fin de ajustar cada segmento de tubería al caudal supuesto inicialmente, y repetir todo el procedimiento para ajustar de nuevo el caudal. El procedimiento culmina hasta que el valor de corrección está vacío o es insignificante.

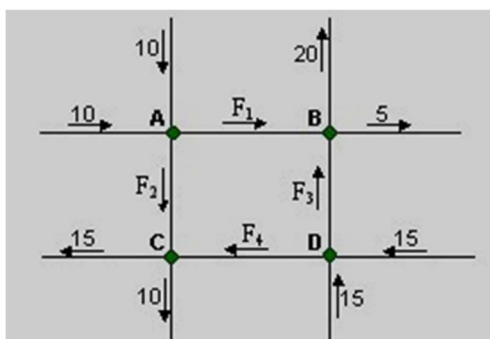


Figura 9. Flujos posibles a través de la red de tuberías de agua.  
Fuente: White (2015)

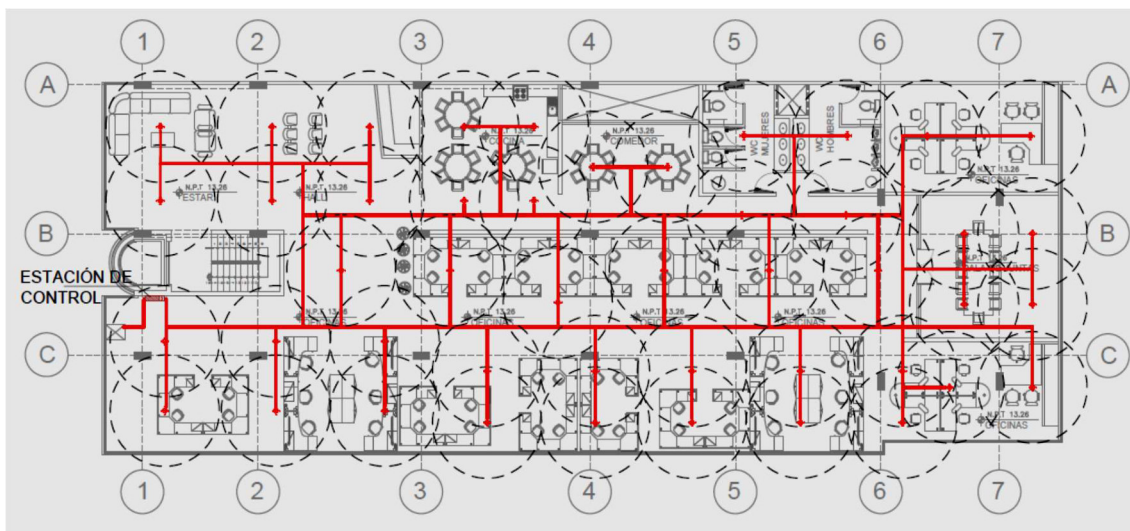


Figura 10. Red de rociadores en oficinas.

Fuente: White (2015)

## 2.5. Descarga de agua a través de orificios y rociadores

Para el análisis hidráulico de la descarga de orificios y rociadores, se deben considerar los siguientes parámetros fundamentales:

1. Diámetro del orificio,  $D_0$
2. Área del orificio,  $A_0$
3. Altura de carga total que produce el flujo,  $H$
4. Velocidad teórica del chorro,  $V = V = \sqrt{2gH}$  (2.27)
5. Velocidad real del chorro en su sección contraída,  $V_{ch}$
6. Área del chorro en su sección contraída,  $A_{ch}$
7. El caudal  $Q$  real del chorro, es igual al producto del área de su sección contraída por la velocidad real en la sección contraída del chorro.

$$Q = A_{ch}V_{ch} \quad (23)$$



### 2.5.1. Coeficiente de Velocidad

El coeficiente de velocidad ( $C_v$ ) es la correspondencia entre la velocidad media real  $V$  en la porción restringida del flujo (chorro) que sale del orificio y la velocidad media ideal  $V$  que se puede lograr en ausencia de fricción. De esta manera:

$$V_{ch} = C_v V \quad (24)$$

### 2.5.2. Coeficiente de Contracción

El coeficiente de contracción ( $C_c$ ) es la relación entre el área de la sección recta contraída  $A_{ch}$  de una corriente (chorro) que sale de un orificio y el área del orificio  $A_0$  por medio del cual fluye el fluido. De esta manera:

$$A_{ch} = C_c A_0 \quad (25)$$

### 2.5.3. Coeficiente de Descarga

El coeficiente de descarga ( $C_d$ ) es la relación entre el caudal real  $Q$  que pasa a través del orificio y el caudal teórico ( $Q_t$ ). De esta manera:

$$Q = C_d Q_t \quad (26)$$

De forma práctica, a medida que el coeficiente de descarga ( $C_d$ ) se ha establecido de forma experimental:

$$Q = C_d A_0 \sqrt{2gH} \quad (27)$$

Donde

$A_0$  = área de la sección recta del orificio

$H$  = carga total que produce el flujo

El coeficiente de descarga también se puede escribir con respecto al coeficiente de velocidad y del coeficiente de contracción, de esta manera:

$$C_d = C_v C_c \quad (28)$$

El coeficiente de descarga no es invariable. Fluctúa con el número de Reynolds para el dispositivo en particular.

Los datos de baja confiabilidad están disponibles para todos los fluidos y una amplia gama de variaciones del número de Reynolds.

El Diagrama C muestra la variación de ( $C_d$ ) con el número de Reynolds para tres relaciones entre el diámetro del orificio y el diámetro del tubo. Hay pocos datos confiables disponibles para los números de Reynolds por debajo de 10,000.

El Diagrama D muestra ( $C_d$ ) como una función del número de Reynolds para tres relaciones entre el diámetro de la boquilla y el diámetro de la tubería (boquillas dosificadoras).

#### **2.5.4. Pérdida de Carga**

La pérdida de carga en orificios, boquillas o toberas se determina de esta manera. (Schaum, 2010):

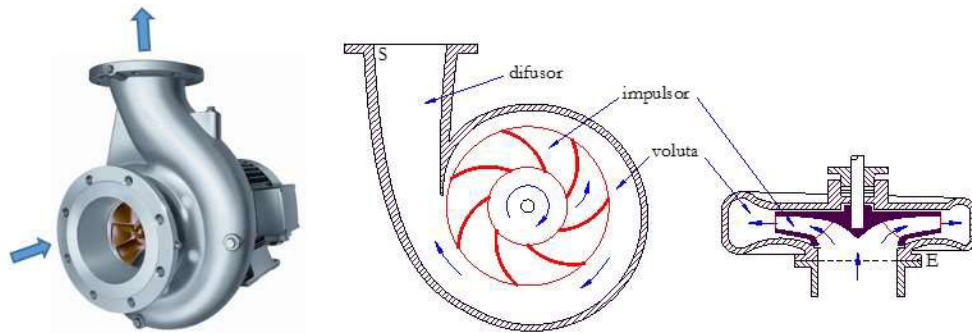
$$H_m = \left( \frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \frac{V_{ch}}{2g} \quad (29)$$

### **2.6. Descarga de agua a través de impulsor o bomba.**

#### **2.6.1. Bomba Centrífuga**

Las bombas centrífugas para equipos contra incendios son máquinas hidráulicas compuestas por un único rodete o impulsor montado sobre un eje

conectado al eje de un motor eléctrico externo o motor diesel, que transmite la energía necesaria al líquido para llegar a la espiral y difusor de sus carcasas de una presión definida. Las bombas centrífugas se basan en un principio muy simple: el líquido va direccionado al centro de los impulsores y se expulsa por fuerza centrífuga a la periferia de los alabes, donde se dirige al difusor de escape. El área de la bomba con la presión absoluta más baja es la sección de entrada, la succión, justo antes del rodete o impulsor. Cuando los fluidos llegan a los alabes, su presión comienza a incrementar a medida que pasa a través de los impulsores hacia el difusor de escape. Convierte las energías mecánicas en energías hidráulicas.



*Figura 11.* Partes fundamentales de una bomba centrífuga común  
Fuente: White (2015)



*Figura 12.* Bomba centrífuga: sentido en el que circula el agua y componentes esenciales.  
Fuente: White (2015)



*Figura 13.* Bomba centrífuga horizontal de carcasa partida.  
Fuente: Hydro servicios Panamá S.A  
Fuente: White (2015)

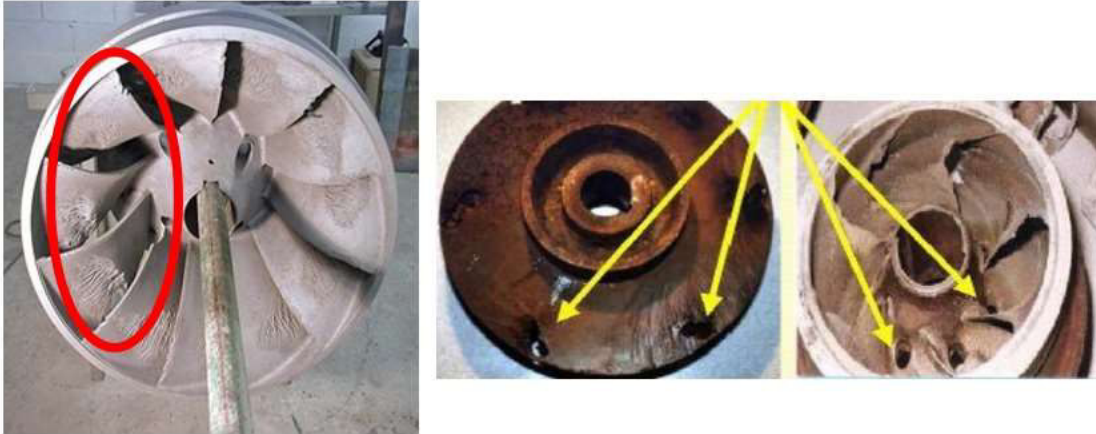
## **2.6.2. Características de la bomba centrífuga**

### **2.6.2.1. NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta Positiva de Aspiración**

Tomando en cuenta las diferencias entre la presión absoluta del líquido en el impulsor y las presiones de vapor del líquido a las temperaturas de bombeo, esta es la presión mínima absoluta que debe estar presente en la entrada de la bomba para prevenir la cavitación y es una de las particularidades más esenciales de esta.

Si la bomba funciona con demasiada succión, la presión absoluta en la entrada puede caer hasta lograr la presión de vapor del agua. Luego se liberan las burbujas de vapor y, a medida que comienza la presión, las burbujas de vapor explotan violentamente y dañan gravemente el mecanismo de la bomba.

Por lo tanto, la erosión por cavitación se encuentra justo al comienzo de los alabes del rotor.



*Figura 14.* Daños graves producidos en rodetes y álabes debido a la cavitación.  
Fuente: White (2015)

### **NPSH de la bomba o requerido (NPSHreq)**

El valor de NPSHreq está supeditada únicamente de las particularidades de la bomba y no de la instalación. Varía de bomba a bomba, siempre es positivo y varía con el flujo y la velocidad del motor. Las curvas y los valores son proporcionados por el fabricante. El valor de NPSHreq proporciona información acerca de la potencia de succión de la bomba en un punto definido de su particularidad del funcionamiento: cuanto inferior sea el valor de NPSHreq, más será la potencia de aspiración.

### **NPSH de la instalación o disponible (NPSHdisp)**

El valor de NPSHdisp está supeditado a las particularidades de la instalación y corresponde a la reserva de presión total por encima de la presión de vapor del líquido y está favorable en la zona de la brida de aspiración de la bomba. Este valor debe ser calculado y resume en un sólo concepto todas las características de la instalación que influyen en la altura de aspiración de una bomba.

Para que una bomba funcione sin cavitación debe de cumplirse la relación siguiente, en la que se añade generalmente 0,5 metros de seguridad:

$$NPSH_{disp} \geq NPSH_{req} + 0.5 \quad (30)$$

El equipo de bombeo se puede bombear o cargar dependiendo de si el nivel del líquido bombeado está por encima o por debajo del eje de la bomba. La siguiente imagen ayudará a aclarar esto.

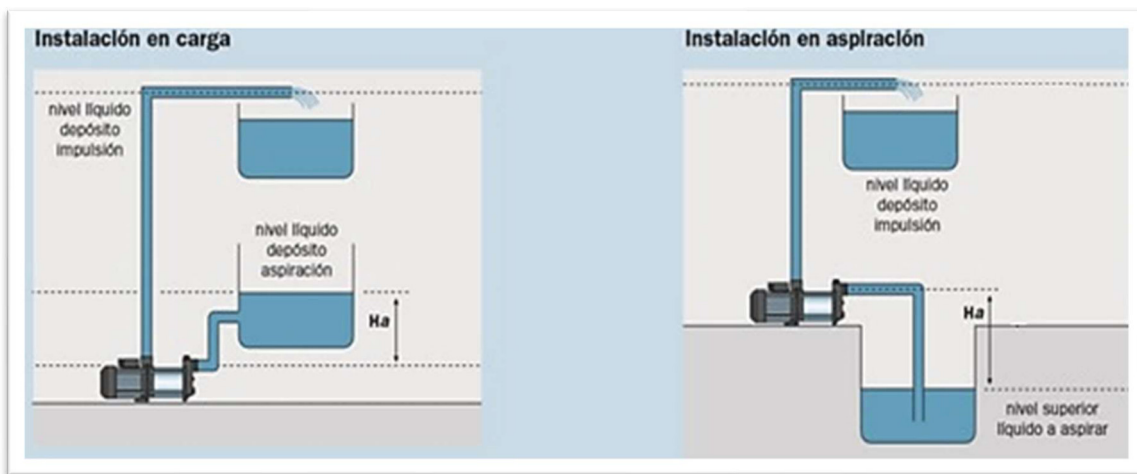


Figura 15. Ejemplos de instalación de bombeo en carga y en aspiración  
Fuente: Bombas ESPA (2018)

### Cálculo de $NPSH_{disp}$ de una instalación de bombeo en aspiración

Se puede realizar mediante la siguiente fórmula:

$$NPSH_{disp} = 10^5 \frac{(p_l - p_v)}{\rho g} - H_a - h_a \quad (31)$$

### Cálculo de $NPSH_{disp}$ de una instalación de bombeo en carga

Se puede realizar mediante la siguiente fórmula:

$$NPSH_{disp} = 10^5 \frac{(p_l - p_v)}{\rho g} + H_a - h_a \quad (32)$$

Donde,

$p_i$ : “es la presión absoluta sobre el líquido en el depósito de aspiración, en bar”

$p_v$ : “es la presión o la tensión de vapor del líquido, en bar”

$\rho$ : “la densidad del líquido, para el agua es de 1 000 kg/m<sup>3</sup>”

$g$ : “aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)”

$H_a$ : “altura de aspiración, altura entre el nivel del agua en depósito y brida de entrada a la bomba, en metros”

$h_a$ : “es la pérdida de carga que se produce en el tramo de la aspiración”

Si el agua bombeada se conserva al aire libre,  $p_i$  será la presión atmosférica. ( $p_{ATM}$ ). Este valor está supeditada a la altitud a la que se sitúa la bomba, y se calcula la siguiente fórmula:

$$P_{ATM}^{(mca)} = 10,33 - \frac{\text{altitud (m)}}{900} \quad (33)$$

A cierta temperatura o presión de vapor, el agua comienza a emitir burbujas. Los valores se dan en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

“Valores de la tensión de vapor y de la densidad del agua según la temperatura”

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>
<i>Tensión de vapor (mca)</i>	0,06	0,08	0,12	0,24	0,43	0,75	1,26	2,03	4,83	0,33
<i>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</i>	999,9	1,000	99,7	998,2	995,7	992,2	988,1	983,2	971,8	58,4

Fuente: Elaboración propia (2021)

Si bien se dan valores de densidad para el rango de temperatura, los cálculos utilizan un único valor de 1000 kg/m<sup>3</sup> independientemente de la temperatura del agua.

En el caso de las máquinas de aspiración, se resta  $H_a$  porque la máquina tiene que vencer esta resistencia.

Cualquier bomba con un valor  $NPSH_{req} < NPSH_{dis} + 0.5$  m, puede ser utilizada en. La selección se realizará del catálogo del fabricante.

Si la bomba se coloca a cierta altura, las características de la bomba de superficie de agua libre cambiarán. La presión atmosférica suele indicarse al nivel del mar (10,33 mca o 760 mm de mercurio), pero disminuye a medida que se asciende.

Entre las curvas particularizadas de distintos modelos de bombas en el catálogo del fabricante encontrará, entre otras, la curva  $NPSH_{req}$  como se muestra en la Figura 4. La curva  $NPSH$  requerida depende del caudal de la bomba: a medida que incrementa el caudal, aumenta la velocidad de la bomba. El líquido a través de la tubería aumenta y la pérdida de presión es mayor, es decir  $NPSH_{req}$  aumenta y  $NPSH_{disp}$  disminuye, lo que promueve la cavitación.

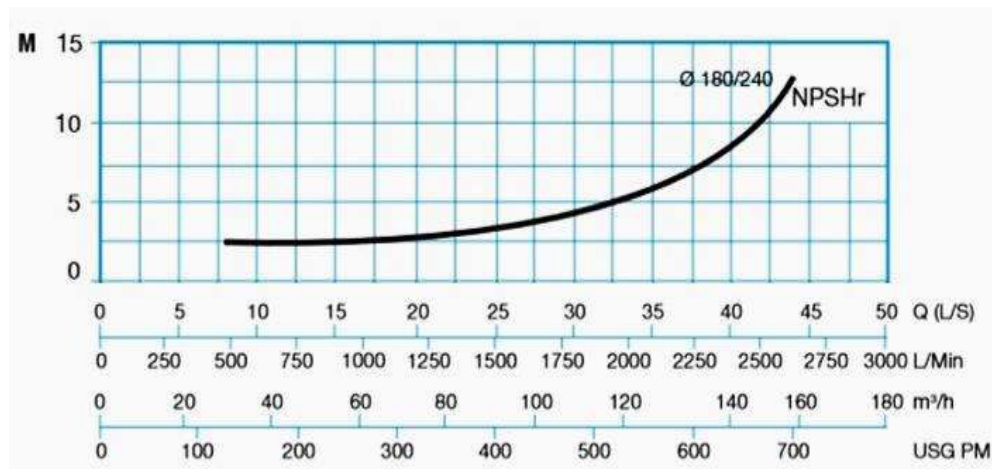


Figura 16. Curva de  $NPSH_{req}$ .

Fuente: Catálogo bombas IDEAL (2021)

### Altura estática

La altura estática es la diferencia de altura entre el punto de extracción y el punto de entrega. Se divide en:



“Carga estática de aspiración”.

“Carga estática de elevación”.

### **2.6.2.2. Altura manométrica total o dinámica total de la bomba de agua**

Es la presión de una bomba o energía mecánica por unidad de peso transmitida al líquido que permite al agua vencerlos siguientes factores: ·

La altura estática (diferencia de nivel entre la toma y entrega del agua). La diferencia entre la ubicación de la válvula de pie y la cota de la parte superior del agua en un sistema elevado de protección contra incendios.

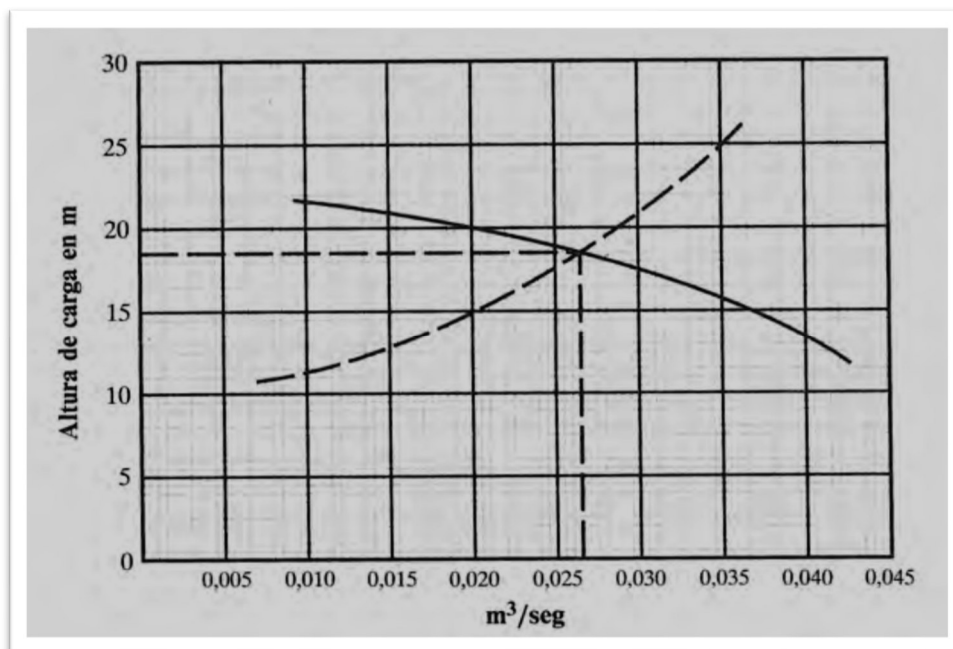
Pérdida de presión por fricción entre fluido y tubería (HF). Alguna pérdida por accesorios o singularidad (Hm). La fricción se produce en los sistemas de succión, descarga y protección contra incendios de la bomba.

Los requerimientos de presión residual para hace funcionar un conjunto de rociadores presurizados ( $P/\gamma$ ).

La altura representativa de velocidad ( $V^2/2g$ ).

La Altura Dinámica Total de bombeo ADT es la resultante de la sumatoria de dichos factores. La selección de los equipos de bombeo deberá hacerse en base a las curvas características de los mismos y de acuerdo con las condiciones del sistema de distribución.

### 2.6.2.3. Curvas características de la bomba centrífuga



*Figura 17.* Curva altura de carga-caudal de la bomba (curva continua) y curva altura de carga total del sistema de bombeo en función del caudal (curva a trazos)

Fuente: Catálogo bombas IDEAL (2021)

La pérdida de carga mediante las tuberías incrementa con el caudal. Se puede dibujar curvas que muestren la carga total del sistema de bombeo en función del caudal (curvas a trazos). La altura total del sistema de bombeo es equivalente a la suma de la presión estática más las pérdidas en accesorios y tuberías.

El gráfico anterior muestra la curva de presión total versus flujo (curvas a trazos) para un sistema de bomba que cruza la curva de la bomba. El punto de intersección muestra que a un caudal de 0.0265 m<sup>3</sup>/s, la altura desarrollada por la bomba será equivalente a la altura de la bomba principal, es decir 18,5 metros. Esta es la esencia de la operación.

### 2.6.2.4. Selección del rendimiento requerido de una bomba contra incendio

Una vez determinados los riesgos más demandantes de un sistema de agua contra incendios y luego de haber realizado los cálculos hidráulicos respectivos que determinen los parámetros más exigentes, se seleccionan los dos parámetros que determinan el riesgo más demandante (Caudal y Presión) y se igualan con el rendimiento de la bomba contra incendios a recomendarse. Pero, seleccionar la bomba más apropiada para un sistema, en términos de costos, consumo de energía, impacto en el proyecto, presión de trabajo, etc.; requiere optimizar el sistema de bombeo contra incendios, aprovechando la riqueza del análisis y la ingeniería existente al momento de diseñar para seleccionar la bomba más apropiada. Luego, la decisión final de compra será la más adecuada.

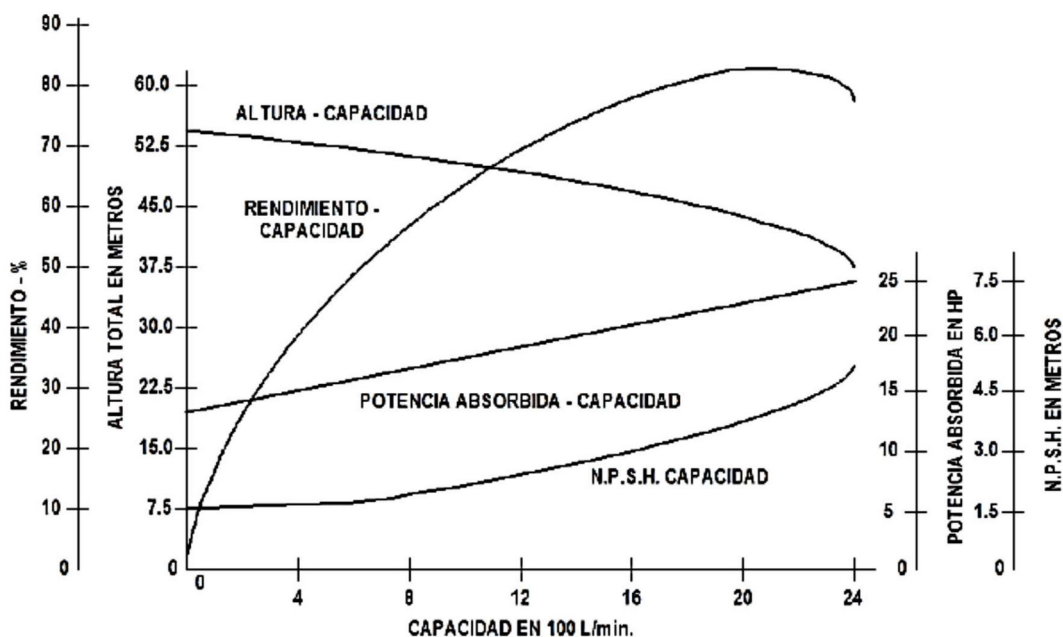


Figura 18. Curvas características de la bomba centrífuga para la Selección del rendimiento requerido de una bomba.

Fuente: Garro (2012)

### 2.6.2.5. Potencia entregada a la bomba de agua en su eje

La potencia entregada a la bomba de agua en (HP) se calcula por la fórmula siguiente:

$$P_b = \frac{QH}{76\left(\frac{\eta}{100}\right)} \quad (34)$$

Donde:

$P_b$  = "Potencia entregada a la bomba de agua en su eje, caballos de fuerza (HP)".

$Q$  = "Capacidad de la bomba, l/s".

$ADT = H$  = "Carga total de la bomba, m".

$\eta$  = "Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%".

### 2.6.2.6. Potencia entregada al equipo de bombeo

El cálculo de la potencia entregada al equipo (bomba de agua y motor) debe realizarse con la siguiente fórmula:

$$P_{b-m} = \frac{Q_b H_b}{76\left(\frac{\eta}{100}\right)} \quad (35)$$

Donde:

$P_{b-m}$  = "Potencia entregada al equipo: bomba de agua y motor (HP)".

$Q_b$  = "Caudal de bombeo (l/s)".

$H_b = H$  = "Altura manométrica total de la bomba (m)".

$\eta$  = "Eficiencia del sistema de bombeo,  $\eta = \eta_{\text{motor}} \cdot \eta_{\text{bomba}}$ ".

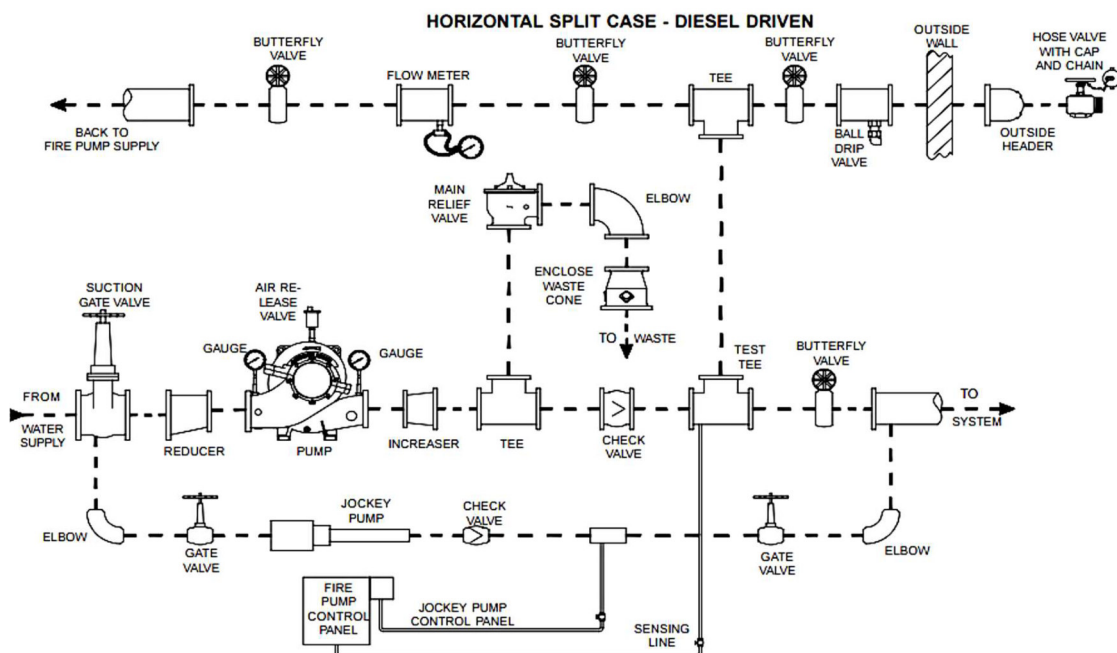
Las curvas particularizadas de cada bomba y motor deben consultarse con el proveedor o fabricante para saber su capacidad y rendimiento real.

La bomba escogida debe fomentar la altura dinámica requerida con una eficiencia ( $\eta$ ) superior al 70%.

De acuerdo a las normas oficiales vigentes, el motor eléctrico que acciona la bomba debe tener una potencia normal según la siguiente fórmula:

$$HP (motor) = 1,3 * HP (bomba) \text{ "para motores trifásicos"} \quad (36)$$

$$HP (motor) = 1,5 * HP (bomba) \text{ "para motores monofásicos"} \quad (37)$$



*Figura 19.* Bomba centrífuga de carcasa partida, bomba jockey, válvulas, conectores, manómetros y paneles de control de las bombas comunes para un sistema de bombeo contra incendios.  
Fuente: Armstrong (1998)

## 2.7. Fuego e Incendio

Es importante aclarar conceptos que ayuden en la identificación y adopción de la mejor alternativa de diseño del sistema contra incendios a implementar en un almacén de insumos y productos farmacéuticos, combustibles, oficinas u otros.

### 2.7.1. Fuego

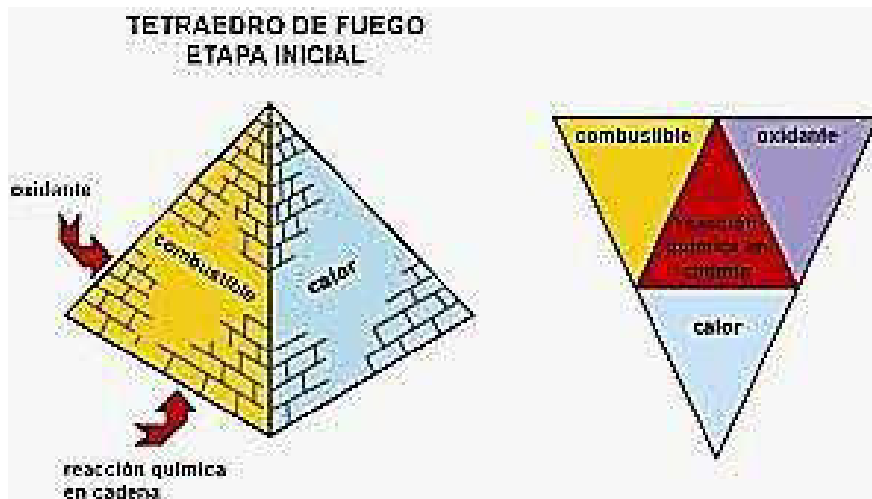
Un incendio es causado por reacciones de combustión química entre un combustible y un comburente originado por la energía de activación, estos factores forman el triángulo del fuego, del cual se desprende energía en forma de luz y calor mediante una llama; además, al ser una reacción exotérmica, se generan temperaturas elevadas. Hay muchos tipos de combustible, pero el agente que suministra oxígeno suele ser comburente, que constituye el 21% de la atmósfera.

Para que se inicie un incendio, el combustible debe estar a la temperatura apropiada. En ausencia de cualquiera de los tres elementos que provocan las reacciones químicas de la combustión, no se producirá un incendio. Estos tres actores se han estimado durante mucho tiempo necesarios para las reacciones de combustión. Esta reacción requiere la presencia de una especie “oxidante” y otro “reductor”. Pero hoy en día se conoce un fenómeno adicional que se produce después del inicio de la reacción química de la combustión, la reacción en cadena, por lo que estos cuatro actores forman el denominado tetraedro del fuego. Si esta reacción conserva los actores que establecen el triángulo de fuego y se mantiene la temperatura mínima de combustión, la llama se expande, consumiendo todo a su paso, hasta el momento en que exista una ausencia de alguno de los actores de la reacción.



Figura 20. Triángulo del fuego.

Fuente: Extintores Presman Madrid, España



*Figura 21.* Tetraedro del fuego: Los cuatro actores necesarios para que tenga continuidad y propagación el fuego.

Fuente: Britz, et., al.,. (2020).

Comprendiendo ya el efecto de cada uno de los cuatro actores sobre el fuego, se le puede extinguir mediante los siguientes procedimientos:

**Extinción por sofocación:** Evitar el contacto entre el comburente y el fuego, en otras palabras, prevenir el contacto repetido del oxígeno con las sustancias combustibles en las reacciones.

**Reemplazar la atmósfera que rodea el fuego:** Esto implica mover aire alrededor del fuego con una atmósfera inerte de CO<sub>2</sub>, como vaciar un extintor de CO<sub>2</sub> sobre el fuego.

**Cortar el suministro de combustible:** si se suprime el ingreso de

Combustible, la reacción se queda sin su principal elemento para continuar con la combustión.

**Reducir la temperatura quitando el calor:** si se enfría el combustible, se corta la combustión, ya que se necesita calor para la reacción química. Por lo tanto, se apagará el fuego.

Supresión de la reacción en cadena: para cortar la propagación de la reacción en cadena, el fuego está cubierto con productos químicos que evitan que los radicales libres provoquen una reacción de combustión.

#### **2.7.1.1. Clases de Fuego**

El fuego se clasifica según el material combustible que participara en la reacción de combustión, lo fundamental del combustible que interviene en un incendio es tan significativa se clasifican por combustible. Es importante conocer la clase de fuego, porque de este depende la selección del método de mitigación de incendio más conveniente.

Según la NFPA 10 (2018), hay cinco clases principales de fuego:

Clase A: resultado de materiales combustibles comunes, como madera, tela, papel y muchos plásticos.

Clase B: quemar en líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas de petróleo, aceites, alcoholes y gases inflamables.

Clase C: involucrar equipos eléctricos energizados.

Clase D: incendios en metales combustibles, como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.

Clase K: incendios en aparatos de cocina que involucran medios de cocción combustibles, como aceites y grasas vegetales o animales.



## Fire Classification

### Know How To Handle It















Classes Of Fires	Types Of Fires	Picture Symbol	Extinguisher
	Wood, paper, cloth, trash and other ordinary materials.		<ul style="list-style-type: none"> <li> Water</li> <li> Foam Spray</li> <li> ABC Powder</li> <li> Wet Chemical</li> </ul>
	Gasoline, oil, paint and other flammable liquids		<ul style="list-style-type: none"> <li> Foam Spray</li> <li> ABC Powder</li> <li> Carbon Dioxide</li> </ul>
	May be used on fires involving live electrical equipment without danger to the operator		<ul style="list-style-type: none"> <li> ABC Powder</li> </ul>
	Combustible metals and combustible metal alloys		<ul style="list-style-type: none"> <li> ABC Powder</li> <li> Carbon Dioxide</li> </ul>
	Cooking media (Vegetable or Animal Oils and Fats)		<ul style="list-style-type: none"> <li> Wet Chemical</li> </ul>

Figura 22. Hay cinco clases principales de fuego.  
Fuente: NFPA 10 (2018).

### 2.7.1.2. Calor

Es energía térmica o calórica transferida entre distintos objetos a temperaturas diferentes o diversas ubicaciones del mismo objeto. Estas transferencias de energía ocurren de un objeto más caliente a un objeto más frío hasta que los dos objetos están en equilibrio térmico.

La energía calórica o térmica es una forma transitoria de energía que puede ser transportada por diversos mecanismos de transporte, que son las radiaciones, las conducciones y las convecciones, pese que estos están presentes en mayor o menor

medida en la mayoría de los procesos prácticos. Un cuerpo no tiene calor, solo energía térmica.

#### **2.7.1.3. Comburente**

Un oxidante o comburente es un compuesto o sustancia que tienen las propiedades de reducirse (es decir, ganar electrones) cuando son parte de las reacciones electroquímicas o redox. Estos compuestos oxidan a otros compuestos con los que reaccionan quitándoles electrones. (Editorial Etece, 2021)

El proveedor de oxígeno más conocido es el comburente, que subyace en casi todas las formas de combustión y constituye hasta el 21 % del volumen de la atmósfera terrestre. Un fuego no puede encenderse sin una cantidad mínima de aire porque el aire es una mezcla de oxígeno y otros gases. (Editorial Etece, 2021)

#### **2.7.1.4. Combustible**

Un combustible es una sustancia, regularmente de tipo orgánico, idóneo para combinarse con el oxígeno y con suficiente aportación de calor, que hace arder rápidamente y genera calor y luz (combustiones). Usualmente, estas sustancias emiten vapores cuando se calientan, y son estos vapores los que reaccionan con el oxígeno.

De los cuatro factores del fuego, el combustible juega el papel más importante en el origen y desarrollo del fuego, y la composición del combustible intervendrá en este procedimiento.

Los combustibles se catalogan conforme a sus estados termodinámicos:

Sólidos: textiles, madera, plástico, carbón mineral, etc.

Líquidos: las producciones que provienen de petróleo (aceites, gasolina, gas-oil, fuel-oil, etc), disolventes, alcohol, etc.

Gaseosos: Butano, etileno, hidrógeno, metano, propano, gas natural, etc.

Los combustibles se queman o pasan en combustión en fase gaseosa, por lo que, si el combustible es líquido o sólido, se requiere una aportación previa de energía de activación o calor para llevarlo a la fase gaseosa.

También existen Metales combustibles tales como: Aluminio en polvo, potasio, sodio, magnesio, etc.

#### **2.7.1.5. Reacción de Combustible**

La combustión es una reacción redox que puede ocurrir de forma controlada, como en un motor de combustiones internas, o descontroladas, como en una explosión. Estas reacciones comprenden los intercambios de electrones en reacciones entre átomos de combustible en fase sólida, líquida y/o gaseosa y sus respectivos oxidantes. Fuente: (Editorial Etece, 2021)

Ciertos sólidos pueden quemarse forma directa mediante las combustiones incandescentes o carbones encendidos, sin embargo, en las llamas de combustión de combustibles líquidos y sólidos, la gasificación ocurre antes de la combustión. Deben distinguirse dos tipos de llamas: llamas premezcladas, donde el combustible gaseoso se mezcla completamente con el aire antes de la ignición, y llamas de difusión, donde la combustión ocurre en el punto donde se mezclan el combustible y el gas. Si las combustiones premezcladas tienen lugar en un espacio cerrado, la presión puede aumentar rápidamente y provocar una explosión.

El proceso de combustión consiste en una agrupación de reacciones químicas rápidas que se da paralelamente. Todas estas reacciones pueden llamarse fase o etapas. Las tres etapas principales de la combustión son:

Pre-reacción o primera etapa. Los hidrocarburos en los materiales en combustión se descomponen y empiezan a reaccionar con el oxígeno del aire, compone radicales (“compuestos molecularmente inestables”). Esto comienza con reacciones en cadenas en la que los compuestos aparecen y desaparecen, a menudo formándose más compuestos de los que se descomponen.

Oxidación o segunda etapa. Una gran parte de la energía térmica de las reacciones que se origina en esta etapa. Cuando el oxígeno reacciona con los radicales del paso anterior, se produce una violenta transferencia de electrones. En el caso de una explosión, una gran cantidad de radicales libres puede provocar reacciones masivas y violentas.

Fin de la reacción o tercera etapa. Se da a medida que los radicales se oxidan por completo y forman moléculas estables que se convierten en productos de combustión. (Editorial Etece, 2021)

#### **2.7.1.6. Reacción de Oxidación**

El fuego provoca una reacción de oxidación exotérmica, en otras palabras, la generación de calor. Estas respuestas son complejas y no se entienden completamente, si bien se pueden hacer algunas generalizaciones. Para que se den reacciones de oxidación, debe estar presente en materiales combustibles y agentes oxidantes.

El agente oxidante más frecuente es el oxígeno molecular ( $O_2$ ) en el aire, que es alrededor de una de las cuatro quintas partes de nitrógeno y la quinta parte de

oxígeno. También hay productos químicos que son oxidantes fuertes, como el nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y el clorato de potasio ( $\text{KClO}_3$ ), que cuando se mezclan completamente con combustibles sólidos o líquidos forman mezclas altamente reactivas.

#### **2.7.1.7. Ignición**

La ignición es el procedimiento por el cual comienzan las combustiones autosostenidas. Cuando se considera por primera vez una mezcla de gases o vapores inflamables con aire, la ignición por chispa se logra introduciendo una fuente de ignición como una llama o una chispa. No obstante, si la temperatura se incrementa lo suficiente, la mezcla se autoencenderá, que es el inicio de la combustión espontánea.

#### **2.7.2. Incendio**

Un incendio es un fuego descontrolado que suele causar lesiones personales por gases tóxicos, humo y calor, así como daños físicos en locales, bienes industriales y edificios.

##### **2.7.2.1. Causas que provocan un incendio en almacenes de la Industria Farmacéutica**

Los almacenes grandes de las industrias farmacéuticas poseen productos y existencias con múltiples cargas de combustible, lo que incrementan los riesgos de incendio.

Los eventos que pueden provocar un incendio en instalaciones y almacenes pueden ser:

Falla del equipo debido a malas conexiones, cables deshilachados, cortocircuitos, los arcos eléctricos y sobrecargas térmicas.

Daños a tableros eléctricos, cajas de control, centros de control de motores, transformadores, los gabinetes de interruptores y bandejas portacables. Instalaciones deficientes o provisionales. Instalaciones eléctricas sobrecargadas

Averías eléctricas en sistemas de calefacción y aire acondicionado, cámaras frigoríficas, las luces superiores y de congelación.

Fugas en el sistema de combustible y explosiones en montacargas y camiones industriales que funcionan con gasolina, propano o electricidad.

Corte, soldadura y otros trabajos ocasionales en caliente relacionados con actividades de reparación y mantenimientos. Mal manejo de una llama abierta.

Chispas y partículas inflamadas por el manejo inadecuado de varios materiales para fumar.

Gases de combustión en áreas de abastecimiento de combustible

Cilindros de combustible propano líquido

Causas naturales como los rayos y el sol

El uso de líquidos inflamables para limpieza

Cigarros y cerillos usados en áreas prohibidas

Almacenamiento inadecuado de líquidos inflamables, líquidos combustibles y gaseosos.

Almacenamiento de cilindros con gases, como: acetileno, oxígeno, entre otros.

Falta de orden y limpieza

### **2.7.2.2. Riesgo de Incendio en almacenes e Inventarios con múltiples cargas de combustible**

Un incendio en un moderno almacén de gran volumen presenta efectos muy graves. La combinación de grandes espacios, pisos abiertos y techos de varios niveles aumenta significativamente las cargas de fuego verticales en un edificio logrando propagar el daño a los edificios adyacentes.

Los productos y las existencias en los almacenes grandes suelen estar llenos de múltiples combustibles, lo que incrementa los riesgos de incendio. Además, el humo, el hollín y el agua pueden dañar el área circundante.

El gran número de los almacenes utilizan equipos costosos de manipulación de materiales, así como vehículos y sistemas para almacenar, transportar y mover productos e inventario. Los daños eléctricos y mecánicos a los sistemas y vehículos provocando incendios, al igual que las conexiones incorrectas, los cables deshilachados, los cortocircuitos y las sobrecargas térmicas en los interruptores, las cajas de control y otros equipos eléctricos.

El costo inmediato de un incendio en un almacén puede ser muy alto considerando el daño a la propiedad debido al enorme valor monetario de los artículos almacenados bajo ese techo. No obstante, los costes indirectos pueden ser tan importantes o mayores que los costes del propio incendio y son causados por el hollín, el humo o los rociadores aéreos que afectan al propio edificio, los sistemas y los accesorios.

Inclusive un incendio pequeño presenta impactos significativos en las operaciones del almacén y detener toda la cadena de suministro, lo que genera costos importantes debido al tiempo de inactividad no planificado.

### 2.7.2.3. Incendios de Productos químicos y farmacéuticos

Los almacenes grandes de las industrias farmacéuticas poseen productos y existencias con múltiples cargas de combustibles, lo que incrementa los riesgos de incendios. Entre las materias primas empleadas en las industrias farmacéuticas, el ácido clorhídrico y la sosa cáustica son muy frecuentes. Ambos productos químicos se usan en una variedad de síntesis que se requieren para producir muchas sustancias. El ácido clorhídrico y la sosa cáustica se utilizan como reguladores de pH, catalizadores y agentes reductores en reacciones químicas. También es necesario el ácido paraaminobenzoico, ácido ascórbico, ácido polopiryna o salicílico. También se elaboran pomadas, geles, cápsulas, emulsiones, cremas o comprimidos a base de ácido clorhídrico puro y sosa cáustica. Para la síntesis de API, incluidos tricloruro de fósforo, monoclorobenceno (MCB), oxiclورو de fósforo y ortodichlorobenceno (ODCB).

Las materias primas en las industrias farmacéuticas son reactivos, catalizadores, disolventes, principios activos, y aditivos utilizados en la realización de medicamentos, productos medicinales y suplementos nutricionales que ayudan a la salud. El empleo fundamental de las materias primas en las industrias farmacéuticas son las síntesis de fármacos, productos farmacéuticos y suplementos nutricionales como minerales, vitaminas, ácidos grasos, etc. Fuente: PCC Group fabricantes de materias primas para las industrias farmacéuticas conforme con las normativas ISO y la última edición de los requerimientos de calidad de la Farmacopea Europea (versión 9.0).

Ciertos materiales, como la cal apagada, se autocalientan con el tiempo si no pueden disipar el calor debido a los efectos de almacenamiento.



Evite los materiales de adición de agua como peróxidos, carburos y cal viva. Algunos de ellos, al entrar en contacto con el agua, se calientan repentinamente, liberando calor y produciendo gases inflamables.

#### **2.7.2.4. Incendio de líquidos inflamables y combustibles**

Los aceites pesados, las grasas y otros líquidos con puntos de inflamación elevados no emiten vapores inflamables cuando no se calientan. Una vez encendido, el fuego originará suficiente vaporización del calor para producir una quemadura sostenida. Si se rocía agua sobre la superficie de un líquido en llamas con un alto punto de inflamación, el enfriamiento reducirá la evaporación lo suficiente como para extinguir el fuego. Si se aplica agua al líquido en llamas con un alto punto de inflamación, el fuego se puede extinguir mediante un mecanismo de emulsificación a través de una neblina de agua gruesa.

La capacidad de extinción del agua sin aditivos está limitada para líquidos inflamables con un punto de inflamación bajo, como los líquidos inflamables de Clase I. Es probable que se hunda hasta el fondo y posiblemente salpique sedimentos. En un fuego trepador, es más probable que el agua propague el fuego.

### CAPITULO III

#### DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1 Análisis Comparativo del Sistema Existente y Nuevo Diseño según FM Global

**Tabla 2**

*Comparativo del diseño existente y nuevo diseño de Protección Contra Incendio*

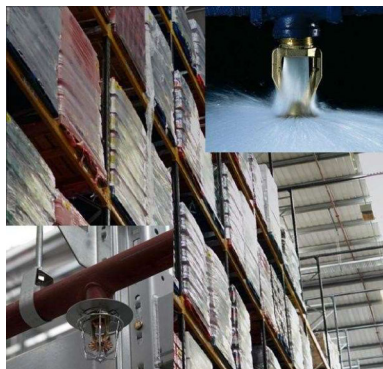
<b>Sistema de Agua Contra Incendio Antiguo</b>	<b>Sistema de Agua Contra Incendio Nuevo</b>
Motobomba Contra Incendio turbina Vertical 1000@150 psi	Motobomba Contra Incendio Carcaza Horizontal 3000@150 psi
Diseño en base a protección Modo Control Aplicación Especifica según NFPA 13 (2007-2013) Capitulo 14.3.1 <b>Protección de Mercancías I – II Paletizada</b> <b>(Criterio seleccionado no adecuado)</b> Presión de Diseño: 10 psi k= 16.8 gpm/psi <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Cantidad de Rociadores: 15 und Demanda de Mangueras: 500 gpm Tiempo de suministro de Agua: 2 horas $q = K\sqrt{p}$ q= 53.17 gpm (Caudal por cabeza rociador) q= 53.17 x 15 und = 797.55 (Demanda de rociadores) Qt= Demanda de rociadores + Demanda de mangueras Qt=797.55 gpm + 500 gpm = 1297.55 gpm	Protección con rociadores para almacenamiento según FM Global Diseño en base a la data sheet 8.9 Storage of Class 1,2,3,4 and Plastic Commodities Tabla 10 directrices de Protección a nivel de techo para productos no expandidos. k= 25.2 gpm/psi <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Cantidad de Rociadores: 12 und Demanda de Mangueras: 250 gpm Tiempo de suministro de agua: 1 hora $q = K\sqrt{p}$ q=195.30 gpm (Caudal por cabeza rociador) q= 195.30 x 12 und = 2343.60 (Demanda de rociadores) Qt= Demanda de rociadores + Demanda de mangueras Qt=2343.60 gpm + 250 gpm = 2593.60 gpm

<p>Volumen Útil de Cisterna = 580 m3 (2 horas)</p> <p><b><u>Se tuvo que diseñar en base a:</u></b></p> <p><b><i>Protección ESFR Almacenamiento</i></b></p> <p><b><i>Paletizado Clase I – Clase IV</i></b></p> <p>Mercancías III – IV (Criterio seleccionado adecuado).</p> <p>Presión de Diseño: 52 psi</p> <p>K= 25.2 gpm/psi <math>\frac{1}{2}</math></p> <p>Cantidad de Rociadores: 12 und</p> <p>Demanda de Mangueras: 250 gpm</p> <p>Tiempos de suministro de agua: 1 hora</p> $q = K\sqrt{p}$ <p>q= 181.70 gpm (Caudal por cabeza rociador)</p> <p>q= 181.70 gpm x 12 und = 2180.30 gpm (Demanda de rociadores)</p> <p>Qt= Demanda de rociadores + Demanda de mangueras</p> <p>Qt=2180.30 gpm + 250 gpm = 2430.30 gpm</p> <p>Volumen Útil de Cisterna = 560 m3 (1 hora)</p> <p>La presión del sistema se calculó utilizando software Fire Elite.</p> <p>Presión del Sistema incluyendo perdidas.</p> <p>P = 150 psi</p>	<p>Volumen Útil de Cisterna = 681 m3 (1 hora)</p> <p>La presión del sistema se calculó utilizando software Pipe Flow Expert</p> <p>Presión del Sistema incluyendo perdidas.</p> <p>P = 137.61 psi</p>
---	---

## 3.2 Requerimientos de Protección Contra Incendio

Los almacenes se utilizan para almacenar mercancías, bienes, líquidos inflamables, vehículos. Estas tiendas presentan una serie de retos de seguridad contra incendios, que incluyen grandes áreas abiertas para incendios, concentraciones de alto valor en áreas relativamente pequeñas, accesos limitados a las operaciones de extinción de incendios y configuraciones de combustible que promueven el rápido desarrollo y propagación del fuego. Por la naturaleza, cantidad y configuración del inventario en el almacén, un incendio intenso puede extenderse rápidamente y ser muy grave.

El desarrollo y la implementación de un plan integral de seguridad contra incendios es esencial para minimizar los daños por incendio y la posibilidad de interrupciones operativas. Las medidas de seguridad contra incendios bien diseñadas, correctamente instaladas y bien mantenidas son esenciales para prevenir incendios catastróficos.



*Figura 23.* Protección de almacenes con rociadores.  
Fuente: Ybirma (2018)

### 3.2.1. Estándares de almacenamiento FM Global

En el año 2010, FM Global publica Data Sheets utilice las normativas NFPA como punto de partida. Aquí viene FM Global para crear una nueva taxonomía de rociadores automáticos. Los rociadores ya no se clasifican por su desempeño previsto

(modo de control o modo de supresión) durante un incendio, sino por su uso previsto, usando los términos (rociadores de almacenamientos) y (rociadores sin almacenamientos) para representar aplicaciones de los almacenamientos.

FM Global ha combinado las hojas de datos de instalación de rociadores mencionadas anteriormente en el documento “Data Sheet 2.0 Installation Guidelines for Automatic Sprinklers” para las instalaciones de rociadores automáticos. Este manual contiene los específicos requerimientos para rociadores de almacenamientos, rociadores que no son de almacenamientos y rociadores de protección especial, así como instrucciones de instalación para los tres tipos de rociadores.

Las hojas de Datos 8-9 se refieren al uso de rociadores de almacenamiento aprobados mundialmente por FM a la altura del techo y como rociadores de pie cuando sea necesario.

### **3.2.2. Protección de almacenamiento en FM Global**

Las pruebas de FM Global en los últimos años han evidenciado que, en términos de densidad de uso, las cantidades de agua que sale de los rociadores de techo no es tan esenciales como las cantidades de agua que llega a las zonas de incendios, que puede considerarse real densidad de suministro.

FM Global ha especificado factores k de rociadores de 11,2 (160) a 33,6 (480). Además, el diseño a nivel del techo descrito en esta hoja de datos ahora se basa en cinco atributos relacionados con los rociadores.

Factor K (tamaño del orificio)

Orientación (montante o colgante)

Clasificación del índice de tiempo de respuesta, RTI (respuesta rápida o respuestas estándares)

Clasificaciones nominales de temperaturas.

Espaciamientos nominales de temperaturas.

### 3.2.3. Aplicación de rociadores automáticos en almacenamiento

Las instrucciones de instalación para rociadores automáticos se pueden encontrar en la hoja de datos de FM Global. La protección con rociadores automáticos completada con operaciones de supresión manual y buenas prácticas de mantenimiento y almacenamiento; un método probado, efectivo y práctico de protección contra incendios para áreas de almacenamiento donde el sistema de rociadores está diseñado de manera específica para eliminar los riesgos de almacenamiento.

La protección con rociadores correctamente diseñada es fundamental para la contención de incendios y la limitación de daños. Un contribuyente significativo al alto costo de los incendios en los almacenes es la falla de los sistemas de rociadores para contener el fuego. Esto puede deberse a cambios en el tipo, volumen, altura o configuración del almacén, lo que genera un nivel de riesgo mayor al previsto.

#### 3.2.3.1. Espaciamento de Rociadores de techo para Almacenamiento

Se debe considerar el siguiente cuadro para diseño del espaciamento de rociadores sin obstrucciones de acuerdo con las pautas de espaciado lineal y de área según Tabla 2, a menos que se indique lo contrario en esta hoja de datos.

**Tabla 3**

*Espaciamento de los rociadores de almacenamiento a nivel de techo bajo una construcción de techo sin obstrucciones.*

<i>Techo</i>	<i>Aspersor</i>	<i>Aspersor</i>	<i>Aspersor</i>	<i>Espaciamento</i>	<i>Espaciamento del</i>
<i>Altura</i>	<i>Factor K</i>	<i>Orientación</i>	<i>Respuesta</i>	<i>lineal</i>	<i>de área de rociadores,</i>
				<i>rociadores,</i>	<i>Pie (metro)</i>
				<i>(m)</i>	

<i>pies</i> <i>(m)</i>				<b>mín.</b>	<b>máx</b>	<b>mín.</b>	<b>máx</b>
Hasta 30 (9.0)	11,2	pendiente o vertical	rápido o Estándar	8 (2,4)	12 (3,6)	80 (7,5)	100 (9,0)
	14,0	Pendiente	rápido o Estándar	8 (2,4)	12 (3,6)	64 (6,0)	100 (9,0)
	16,8	Vertical	Rápido	8 (2,4)	12 (3,6)	64 (6,0)	100 (9,0)
	19,6		Estándar	8 (2,4)	12 (3,6)	80 (7,5)	100 (9,0)
	22,4						
	25,2						
	33,6						
Más de 30 (9.0)	25,2 C.E. (360EC)	pendiente o vertical	Rápido	10 (3,0)	14 (4,2)	100 (9,0)	196 (8,0)
	11,2	pendiente o vertical	rápido o Estándar	8 (2,4)	10 (3,0)	80 (7,5)	100 (9,0)
	14,0	pendiente o vertical	Rápido	8 (2,4)	10 (3,0)	64 (6,0)	100 (9,0)
	16,8		Estándar	8 (2,4)	10 (3,0)	80 (7,5)	100 (9,0)
	19,6						
	22,4						
	25,2						
33,6							
	25,2CE (C)	pendiente o vertical	Rápido	10 (3,0)	14 (4,2)	100 (9,0)	196 (8,0)

*Fuente:* Data Sheet FM Global 0809

### 3.2.3.2. Presiones mínimas recomendadas para rociadores de techo para almacenamiento

Se basa en una presión operativa mínima indicada para un factor K de rociador dado. Como resultado base la presión mínima requerida de los rociadores a nivel del techo en el valor indicado en la tabla de protección aplicable según el peligro de la mercancía, la disposición de almacenamiento y la altura de techo en cuestión.

### **3.2.3.3. Criterios de Diseño del Sistema de Rociadores a nivel de techo.**

Las opciones de protección a nivel de techo de la Data Sheet FMDS 0809 se proporcionan en la tabla.

Tabla 3: Directrices de protección a nivel del techo para productos de plástico no expandido sin cartón en arreglos de almacenamiento en estantes de marco abierto

En cada Tabla, las opciones de protección a nivel del techo resaltadas en verde representan aquellas para las que la demanda de chorro de manguera es de 250 gpm y la duración es de 60 minutos.

#### **Directrices de Diseño a nivel del techo**

Las pautas de diseño de protección a nivel del techo enumeradas en las tablas siguientes utilizan un formato de diseño basado en un número indicado de rociadores en funcionamiento a una presión de funcionamiento de rociador mínima determinada.

El área mínima de diseño (es decir, el número de rociadores en el diseño multiplicado por el espaciamiento de los rociadores) es de 71 m<sup>2</sup>, excepto cuando se requieran rociadores en cada canal creado por una construcción obstruida.

Cuando el área de diseño es inferior a 768 pies<sup>2</sup> (71 m<sup>2</sup>) y no se requieren rociadores en todos los canales, aumente la cantidad de rociadores en el diseño del techo, según sea necesario, para cumplir con esta área mínima de diseño.





### **3.3. Protección a través de Gabinetes Contra Incendio**

Se debe tratar el material del “Apéndice A” de la NFPA 14 como practica recomendada aplicable a las ubicaciones aseguradas por FM Global (Párrafo 1-1 y material del Apéndice A).

Para sistemas combinados se debe aplicar Data Sheet 2-0. Se debe tener ciertos requerimientos de diseño para no presentar complicaciones con la red de mangueras. En donde la presión residual en una conexión de manguera de 1 ½” (40mm) disponible para uso del personal entrenado exceda de 100 psi (6.9) bar, debe proveerse un dispositivo regulador de presión listado para limitar la presión residual en el flujo requerido.

En donde la presión estática en una conexión para manguera de 2 ½” (65mm) exceda los 175 psi (12.1) bar, deberá proveerse un dispositivo regulador de presión listado para limitar las presiones estáticas y residuales en la conexión para manguera a no más de 175 psi (12.1) bar.

Sistema Clase II, menciona los gabinetes con estaciones de mangueras de 1 ½” (40) mm, de manera que todas las partes estén en un radio de alcance no mayor a 36.6 m.

Sistema Clase III, deben estar provistos de conexiones para mangueras de 1 ½” (40) mm y 2 ½” (65) mm.

### **3.4. Descripción y Alcance del Proyecto**

El presente documento que describe los requerimientos técnicos y funcionales del Sistema de Protección de Incendios con Agua. El cual cuenta con sistemas de bombeo que impulsa el agua a las líneas de tuberías ubicadas en los ambientes destinados a proteger a través de rociadores automáticos y gabinetes de manguera.

El estudio contempló la protección de las siguientes áreas:

Almacén de Productos Terminados, Materia Prima y Área de Descarga

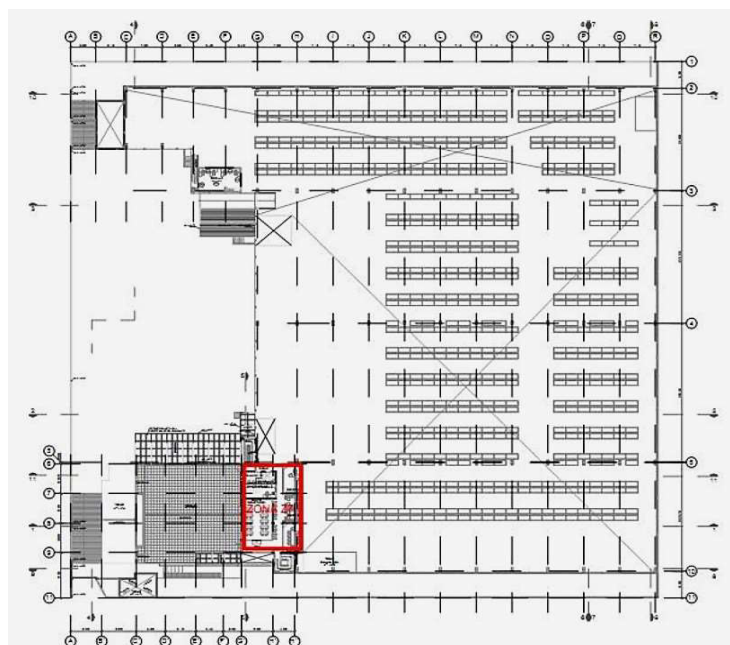
Almacén de Líquidos Inflamables

Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Salas de Reuniones)



*Figura 24. Planta 1 Nivel*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 25. Planta 2 Nivel*

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Zona Z1: Almacén de materia prima.

Zona Z2: Almacén de materia prima.

Zona Z3: Almacén de productos terminados.

Zona Z4: Almacén de productos terminados.

Zona Z5: Almacén de líquidos inflamables.

Zona Z6: Comedor, vestuarios, baños, cocina, sala de grupo electrógeno. (1er. Nivel)

Zona Z7: Oficinas (2do. Nivel)

### **3.5. Análisis e Identificación de Riesgos Según la Normativa**

La edificación en donde se implementa el sistema de protección será el centro de distribución único en Perú y almacena los productos provenientes de la planta de fabricación ubicada en Lince y está conformada por las siguientes áreas.

#### **3.5.1. Almacén de productos terminados, materia prima y área de descarga**

Esta área es un almacén que almacena productos farmacéuticos genéricos y suministros para el proceso de fabricación. Dicho almacén tiene las siguientes características:

**Altura Máxima de Almacenamiento:** 9.00 m. aprox.

**Altura Máxima del Techo y Tipo:** 10.80 m. aprox., del tipo dos aguas con un ángulo de inclinación máximo de 10°

**Tipo de Almacenamiento:** almacenamiento en racks del tipo marco abierto (Open-Frame Rack Storage)

**Tipo de Mercancía y/o Productos según FM:** tipo UPP donde: U=Sin cartonaje (Uncartoned) UP=Plástico sin Expandir (Unexpanded Plastic).

Además, este almacén tiene un área total de 8222.96 m<sup>2</sup> siendo la edificación más grande del centro de distribución, siendo así esta área la de mayor riesgo de ocurrencia de un incendio por contener una alta cantidad y combustibilidad de productos almacenados a gran altura. El almacén tiene una construcción del tipo combustible en su mayoría conformada en todo su perímetro con paredes de bloques de concreto texturado de 0.20x0.40x0.20b m. hasta una altura de 3.30 m. y el resto de las paredes conformadas por paneles de thermomuro CCA Pol color gris acero de Precor y un techo de thermotecho recubierto con manta asfáltica.



*Figura 26.* Almacén de productos terminados

### 3.5.2. Almacén de Líquidos Inflamables

Esta área es un almacén que almacena productos químicos inflamables utilizados para el proceso de fabricación.

Dicho almacén tiene las siguientes características:

**Altura Máxima de Almacenamiento:** 4.50 m. en racks 3 niveles.

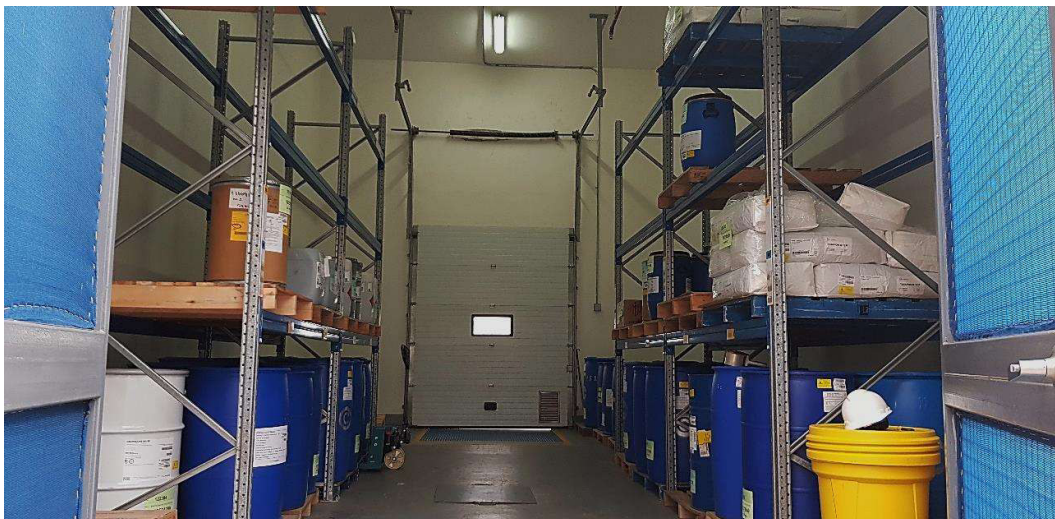
**Altura Máxima del Techo:** 5.96 m. aprox.



Además, esta área de almacenamiento debe ser una sala de corte con el drenaje y la contención adecuada. Debido a la construcción combustible del edificio principal adyacente, es importante contener este tipo de materiales inflamables.

El almacén debe ubicarse al lado del muelle de carga/envío para evitar la creación de un peligro de incendio inflamable líquido a lo largo de las rutas de transporte de líquido en edificios que no están protegidos por el peligro, es decir, proporcionar a la sala con su propia puerta de envío. Deje espacio en la sala para la preparación del producto antes de almacenarlo o mientras espera su envío.

El correcto procedimiento para manipular los contenedores de líquidos inflamables debe ser de tipo escalonado. El término “escalonado” en este contexto excluye el movimiento continuo de contenedores desde el interior del vehículo de envío directamente al área de almacenamiento debidamente diseñada.



*Figura 27. Almacén Líquidos Inflamables*

### **3.5.3. Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Sala de Reuniones) + terraza**

Esta área por el tipo de ocupación representa la de menor riesgo de ocurrencia de un incendio por contener una baja cantidad y combustibilidad de productos.

### **3.6. Criterio y Parámetros de Diseño**

Luego de analizar e identificar los riesgos de incendio en cada área del centro de distribución, se determina según FM los siguientes criterios y parámetros de diseño de protección:

#### **3.6.1. Almacén de Productos Terminados, Materia Prima y Área de Descarga**

##### ***Criterio de protección activa***

Según FMDS0809 se debe diseñar un sistema húmedo de rociadores automáticos a nivel del techo y sin rociadores, en racks. Los rociadores deberán tener un factor de descarga  $k=25.2$  del tipo colgante (pendent), respuesta rápida y con una temperatura de clasificación ordinaria a 70°C. Además, considerando un techo sin obstrucciones, los rociadores deberán tener un espaciamiento entre los 2.4 – 3.0 m con un área de cobertura de 80 a 100 ft<sup>2</sup>.

Parámetro: 12 rociadores@ 60 psi + 250 gpm de mangueras por 60 min de autonomía.

#### **3.6.2. Almacén de Líquidos Inflamables**

##### ***Criterio de protección activa:***

Según FMDS0729 hay que proporcionar una protección en todas las áreas de almacenamiento, preparación o uso para el transporte de líquidos inflamables, es por eso, que se debe instalar un sistema agua-espuma de rociadores automáticos a nivel

del techo aprobado por FM según el tipo de líquido, el tipo de contenedor, la disposición de almacenamiento, la altura de almacenamiento y la altura del edificio. Los rociadores deberán tener un factor de descarga  $K=11.2$  del tipo colgante (pendent) o montante (up-right), respuesta estándar o rápida y con una temperatura de clasificación ordinaria. Además, los rociadores deberán tener un espaciamiento máximo de 3.0 m con un área máxima de cobertura de 100 ft<sup>2</sup>, protegiendo así todas las áreas de preparación como áreas de almacenamiento. Producto preparado es cualquier producto que no se está moviendo activamente.

La protección recomendada no evitará el consumo de todo el líquido almacenado en la sala de corte, pero puede evitar el fallo estructural del techo y las paredes al enfriar las estructuras. Para contenedores grandes, la cantidad de líquido en un solo contenedor aumenta considerablemente la posibilidad de un incendio por derrame que activará todos los rociadores en la sala de corte.

### **Criterio de protección pasiva**

según FMDS0729 debido a que el almacén se encuentra ubicado adyacente al almacén principal, se deberá aislar el almacenamiento de líquidos inflamables por construcción para que no exponga instalaciones importantes. La extensión de este aislamiento necesario depende de factores tales como el tamaño del contenedor, el tipo de construcción del contenedor y las propiedades físicas del líquido. La provisión de características de protección pasiva contra incendios es una parte integral del enfoque total para controlar los peligros de líquidos inflamables.

Por lo expuesto anteriormente, el almacén deberá ser una sala de corte con el muro adyacente al almacén principal con una clasificación de resistencia al fuego



mínima de dos (2) horas y el resto de los muros deberá ser de material no combustible construidas de la siguiente manera:

Proveer construcción de mampostería o concreto.

Los muros deberán ser a prueba de líquidos para que puedan contener líquidos liberados (por ejemplo, líquidos inflamables, descarga de rociadores, corrientes de manguera interiores).

Los muros deberán diseñarse para la presión hidráulica creada por el nivel de líquido contenido.

Deberá contar al menos con una vía de acceso exterior a la sala de corte. Dicha abertura deberá protegerse con una puerta contra incendios normalmente cerrada y que se cierra automáticamente.

Se deberá proporcionar una construcción de pared no combustible sin aberturas para la pared en el lado del almacén principal a 3 m. más allá de cada lado de la sala de corte exterior. Como la sala de corte tiene el techo por debajo del techo del almacén principal, se deberá proporcionar un ensamblaje de techo que tenga la misma característica que las paredes interiores de la sala de corte.

Por otro lado, la sala de corte deberá contar con una contención para líquidos inflamables. Debido a que la sala tendrá un sistema de protección mediante rociadores de agua-espuma aprobado por FM, se deberá diseñar una contención para mantener el líquido derramado más la descarga real del rociador en la sala de origen durante 20 minutos. Como mínimo, proporcione 4 pulg. (100 mm) de contención. El volumen de la contención deberá dimensionarse con la cantidad de agua que realmente se descargará del rociador en función del suministro de agua disponible, no de la descarga teórica de rociadores.



Figura 28. Construcción de almacén

**Parámetro:** todos los rociadores activos a una presión mínima de 30 psi. Además, se debe proveer un abastecimiento de concentrado de espuma de 20 minutos. Base el suministro de concentrado en la descarga real del sistema de rociadores (es decir, el flujo disponible del suministro de agua disponible, no el diseño teórico) y usar un concentrado de espuma compatible para el líquido inflamable que se está protegiendo. Use los componentes del sistema de rociadores de aguaespuma aprobados por FM (concentrado, equipos dosificadores, tanques, paneles de control y rociadores). Proporcionar también un margen de flujo de manguera de 500 gpm con un abastecimiento de agua que pueda proporcionar la demanda total de rociadores y mangueras durante una duración de al menos una hora.

### 3.6.3. Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Sala de Reuniones)

**Criterio de protección:** según FMDS0326 se debe instalar sistema húmedo de rociadores automáticos a nivel del techo con una clasificación de riesgo de HC-1. Los rociadores deberán tener una densidad de diseño de 0.1 gpm/ft<sup>2</sup> para un área de

1500 ft<sup>2</sup>. del tipo colgante (pendent) o montante (up-right), respuesta estándar o rápida, con K mínimo de 5.6 y con una temperatura de clasificación ordinaria.

**Parámetro:** rociadores + 250 gpm de mangueras por 60 min de autonomía.

### 3.7. Filosofía de Funcionamiento

La filosofía de funcionamiento del sistema de protección de incendios para cada área se puede ver en la siguiente tabla:

ÁREA	ROCIADORES	MANGUERAS	TIEMPO (MIN)
Almacén de Productos Terminados, Materia Prima y Área de Descarga	12 rociadores	250	60
Almacén de Líquidos Inflamables	Todos los rociadores	500	60 (incluye 20 min de descarga de agua espuma)
Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Sala de Reuniones)	Rociadores activos en área de diseño de 1500 ft <sup>2</sup>	250	60

Figura 29. Filosofía de funcionamiento

### 3.8. Descripción del Sistema de Protección de Incendios con Agua

#### 3.8.1. Bomba de agua contra incendio

El requerimiento para el sistema de bombeo se diseña en función al área más demandante considerando los criterios de la data sheet FMDS 0307 “Fire Protection Pumps”

El valor teórico del diseño es de 2755.81 @ 137.61 psi, estos valores se determinan en el Capítulo IV.

La bomba debe tener certificación UL inc. y Factory Mutual (FM).

Así mismo los parámetros de presión – caudal para el diseño de la bomba contra incendio deberán cumplir con lo siguiente:

**Tabla 5.**  
*Bomba de agua contra incendio*

<b>CAUDAL</b>	<b>PRESIÓN</b>
<b>(GPM)</b>	<b>(PSI)</b>
0	184
3000	145
4500	101

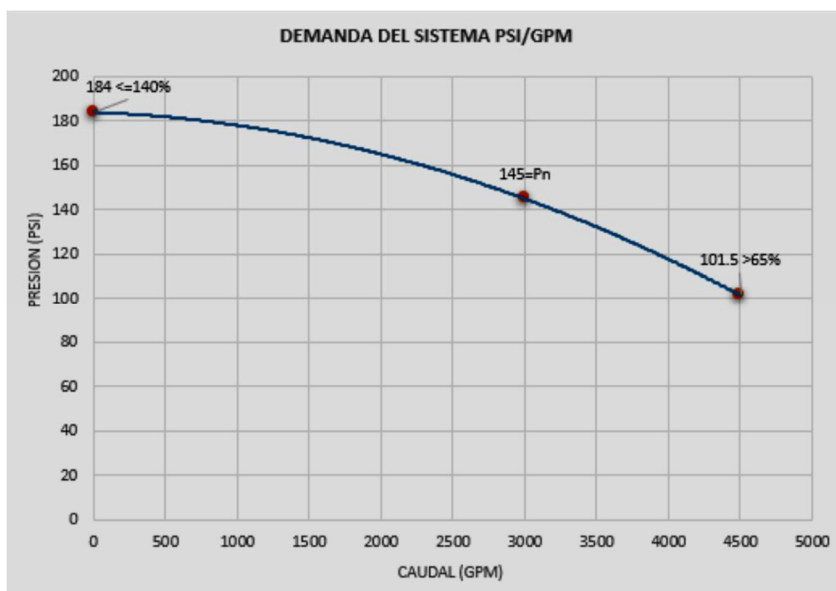


Figura 30. Presión vs Caudal

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la gráfica los parámetros adquiridos para el diseño de la bomba contra incendios está por debajo de la presión máxima permitida a caudal 0 y tiene una presión superior al mínimo permitido para el 150% del caudal nominal.

La bomba seleccionada podrá variar dentro del rango establecido en presión según la gráfica de la tabla 6, pero por ningún motivo deberá estar fuera de lo que se indica según el data sheets "FMDS0307"

### 3.8.2. Electrobomba Jockey

La bomba jockey deberá cumplir con una capacidad nominal de 30gpm @ 150psi, definidos según el diseño de la bomba principal.

La función de la bomba jockey es conservar una presión mínima en la red compensando pequeñas bajas de presión y evitando arranques innecesarios de la motobomba, encendiendo automáticamente cuando la presión en la línea baja a 184 psi y presuriza la línea deteniéndose automáticamente cuando llega a 194 psi.

### **3.8.3. Tablero Controlador**

Ante una emergencia, la demanda de agua para cualquier equipo contra incendio producirá una caída de presión en la línea de tubería que no podrá ser compensado por la bomba jockey, dando lugar a que el tablero controlador de la motobomba principal arranque el motor cuando la presión llegue a 179 psi.

El sistema de bombeo debe ser completamente automático y deberá mantener presurizada toda la Red Contra Incendios, lo que permitirá que el agua actúe de inmediato con la apertura de una conexión de manguera.

Las consideraciones para la selección de la Bomba Contra Incendio son realizadas en base a FMDS0370: Fire Protection Pumps.

### **3.8.4. Red de Agua Contra Incendio**

La red de ACI proyectada será abastecida a través de una tubería de 12" desde la descarga del sistema de bombeo. La tubería principal alimentará una línea de tubería enterrada con un diámetro de 12" que abastecerá tres hidrantes húmedos ubicados estratégicamente para cubrir el área de protección que deben satisfacer, y a su vez recorrerá una distancia para alimentar dos (02) manifold a través del cual se distribuirá el agua a los distintos montantes que satisfacen las demandas de cada sistema. Estos sistemas están sectorizados por válvulas de compuerta del mismo diámetro de la tubería que las abastece. Del manifold 1 de 10" saldrán cuatro (04) líneas para abastecer los sistemas de rociadores en los almacenes de productos terminados y materias primas y del manifold 2 de 6" saldrán tres (03) líneas para abastecer los sistemas de rociadores del almacén de líquidos inflamables, oficinas y la red de gabinetes.

La tubería de alimentación de las conexiones de bomberos se conectará a la tubería principal mediante una tubería de 12" enterrada de HDPE, precedida de sus respectivas válvulas check.

### **3.8.5. Sistema de Rociadores en Almacén de Productos Terminados, Materia Prima y Área de Descarga**

En estas áreas se proyectará la instalación de una (01) malla de rociadores en el techo de cada almacén. El Sistema de rociadores está conformado por una montante de 8" con un anillo de 8" que abastecerán ramales de 3" que a su vez suministra la presión y caudal necesario a los rociadores ESFR de K=25.2 instalados en el techo. Cada sistema contara con una estación de control conformada por una válvula de sectorización con su válvula de alarma y su línea de drenaje.

### **3.8.6. Sistema de Protección Contra Incendio en Almacén de Líquidos Inflamables**

En esta área se proyectará la disposición del sistema de rociadores en el techo de cada almacén. El sistema de rociadores está conformado por una montante de 4" con un sistema en árbol que abastecerán ramales de 3" que decrecen en diámetro a medida que se extienden, y estas a su vez suministra la presión y caudal necesario a los rociadores de K=11.2 instalados en el techo. El sistema contará con una estación de control conformada por una válvula de sectorización con su válvula de alarma y su línea de drenaje, que a su vez estarán enlazadas al sistema de espuma conformada por el tanque bladder y su proporcionador, que suministrarán el concentrado AR-AFFF en un 3% al sistema de protección.

El tanque bladder tendrá un volumen de 400 gal. que asegurará un suministro de 20 minutos de concentrado de espuma para el flujo de operación disponible (no flujo teórico) y que a la vez la solución de espuma llegue para los cuatro rociadores más remotos dentro de los 2 minutos de la operación del rociador.

Se debe considerar también un sistema de contención donde se drenará el volumen de descarga del sistema de protección por agua-espuma, el cual tiene un volumen no menor a 55 m<sup>3</sup>, con una línea de tubería de drenaje de 4".

### **3.8.7. Sistema de Rociadores en Edificio de Dos Niveles (Comedor, Cocina, Vestuarios y Sala de Reuniones)**

En esta área se proyectará la disposición de sistema de rociadores en el techo de cada nivel. El Sistema de rociadores está conformado por una montante de 4" con un sistema en árbol que abastecerán ramales de 3" que decrecen en diámetro a medida que se extienden, y éstas a su vez suministra la presión y caudal necesario a los rociadores de K=5.6 instalados en los techos. El sistema contara con una estación de control conformada por una válvula de sectorización con su válvula de alarma y su línea de drenaje, que a su vez contaran con una subestación de control por cada piso conformada por una válvula mariposa, detector de flujo, manómetro y su válvula de drenaje.

### **3.8.8. Sistema de Rociadores en Cuarto de Bombas**

El cuarto de bombas contra incendio cuenta con un sistema de rociadores con un factor de K=8.0, respuesta estándar y temperatura de 93°C. El diseño del sistema de rociadores en el cuarto de bombas deberá tener una demanda de 0,2 gpm/ft<sup>2</sup> para



2500 ft<sup>2</sup> y serán sectorizadas por una estación de control con una línea de prueba y drenaje independiente.

### **3.8.9. Sistema Clase I (Red Perimetral de Toma de Bomberos Contra Incendio)**

La red de toma de bomberos Clase I está conformada por una red perimetral aérea de acero al carbono de 4" alimentada desde el manifold 2, dicha red perimetral alimentará a 11 válvulas angulares de 2 ½" contra incendios, distribuidas estratégicamente de tal forma que cubra todas las áreas con riesgo de incendio.

El sistema clase I, estarán conformados por los siguientes equipos:

1 válvula angular de 2½" con tapa y cadena

### **3.8.10. Sistema Clase III (Red Interna de Toma de Bomberos Contra Incendio)**

La red de toma de bomberos Clase III está conformada por una red interna aérea sujeta a la estructura del almacén general, esta red estará alimentada desde una tubería de 4" de acero al carbono proveniente desde el manifold 2, dicha red abastecerá a 10 válvulas angulares de 1 ½" con reductoras de presión y 10 válvulas angulares de 2 ½". Asimismo, estas válvulas estarán protegidas por un gabinete de acero inoxidable adosado a las paredes del almacén y llevarán una manguera de 30m de distancia con una conexión de 1 ½ para uso de personal entrenado y cuerpo de bomberos. Para la distribución de los gabinetes de las válvulas contra incendios, se ha considerado un radio de acción de 25 metros teniendo en cuenta obstrucciones y quiebres de manguera como indica la NFPA14.

Por otro lado, los gabinetes no deben estar distanciados a más de 30m entre ejes de válvulas.

Los Gabinetes de protección para el Sistema Clase III, están conformados por los siguientes equipos:

Válvula angular de 1½" con reductora de presión a 100psi

Válvula angular de 2 ½"

Manguera extruida de 1 ½" x 30m con pitón policarbonato

### **3.8.11. Reserva de Agua Contra Incendio**

El agua para el combate contra incendios es de uso exclusivo del sistema respectivo. El volumen de dicha reserva ha sido calculado en base al máximo riesgo determinado y a la mayor demanda, calculada en este caso para las mallas de rociadores de la zona Z4 (Almacén de productos).

La reserva de ACI se almacena en una cisterna enterrada propiamente construida para tal fin.

El tiempo de autosuficiencia del sistema es de 60 minutos, en conformidad con la norma FM, lo cual arroja como resultado un volumen de 681.30 m<sup>3</sup>. Este volumen de agua deberá ser almacenado en una cisterna, y será de uso exclusivo para el SCI.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación, Análisis e interpretación de datos

La presión y caudal de trabajo fueron calculados de acuerdo con la mayor demanda que genere el máximo riesgo del área y/o la zona hidráulicamente más lejana.

El Sistema Protección Contra Incendio, resume por zonas según Calculo Hidráulicos

**Tabla 6**  
*Resultados de los parámetros de diseño*

Área	Tipo de protección	Parámetros de Diseño			
		Tiempo de Aplicación min	Densidad de Diseño gpm/pie <sup>2</sup>	Presión mínima de trabajo PSI	Caudal mínimo de trabajo GPM
Zona Z1	Sistema de Rociadores Automáticos	60	—	60	2,287.62
	Sistema de Gabinetes contra incendio		—	100	253.40
Zona Z2	Sistema de Rociadores Automáticos	60	—	60	2.435.74
	Sistema de Gabinetes contra incendio		—	100	275.86
Zona Z3	Sistema de Rociadores Automáticos	60	—	60	2.474.64
	Sistema de Gabinetes contra incendio		—	100	256.71

Zona Z4	Sistema de Rociadores Automáticos	60	60	2.499.54
	Sistema de Gabinetes contra incendio		100	256.27
Zona Z5	Sistema de Rociadores Automáticos	60	60	656.57
	Sistema de Gabinetes contra incendio		100	575.86
Zona Z6	Sistema de Rociadores Automáticos	60	60	468.58
	Sistema de Gabinetes contra incendio		100	294.89
Zona Z2	Sistema de Rociadores Automáticos	60	60	469.00
	Sistema de Gabinetes contra incendio		100	284.51

## 4.2. Proceso del Calculo Hidráulico

Se realizarán mediante el uso del Programa PIPE FLOW EXPERT versión 7.30, para que satisfagan los valores de la Tabla.

### 4.2.1. Formula de pérdida de carga por fricción

Considerando el caudal que va a transitar por la tubería y su diámetro el software calcula las pérdidas de carga por fricción de las tuberías basándose en el desarrollo de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L x V^2}{D x 2 x g} = \frac{8 x f x L x Q^2}{g x D^5 x \pi^2} \quad (38)$$

$H_f$  = Pérdida por fricción (psi/pie)

$f$  = Factor de fricción de Darcy

$L$  = Longitud de Tubería

$Q$  = Caudal (gpm)

$D$  = Diámetro interior real de la tubería (pulg)

$V$  = Velocidad Media del Fluido

$g$  = Aceleración de la Gravedad

Para flujo turbulento el factor de fricción de Darcy-Weisbach se encuentra mediante la ecuación de Colebrook White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0.86 x \ln \left( \frac{\varepsilon}{3.7 x D} + \frac{2.51}{Re x \sqrt{f}} \right) \quad (39)$$

$f$  = Factor de fricción de Darcy

$Re$  = Número de Reynolds

$\varepsilon$  = Rugosidad de la tubería

$D$  = Diámetro de la tubería

### **4.3. Resultados por Zonas del Proyecto**

#### **4.3.1. Sistema de protección en zona Z1**

La hoja de cálculo mostrada en el Anexo A indica la velocidad de flujo, pérdida por fricción y caudal del flujo en cada punto de cálculo según la variación de diámetros en los distintos tramos del recorrido. El cálculo hidráulico mostrado en el Anexo A se ha realizado a partir de la apertura de doce rociadores, estos rociadores son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son los rociadores y el gabinete más lejano hidráulicamente. Para la conexión del gabinete más lejano hidráulicamente se considera una presión mínima de trabajo de 100 psi y un caudal de 250 gpm para cada conexión de 2½”, de tal manera que satisfaga lo requerido por la Tabla 7.

Los cálculos hidráulicos se inician a partir de la apertura de doce rociadores y una válvula angular de 2½”, estos son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son las conexiones más lejanas hidráulicamente, es decir encontrar el escenario más crítico y verificar si las condiciones mínimas de diseño requeridas son satisfechas. Una vez realizado el cálculo se obtienen los valores finales para lo requerido, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 7**  
*Resultados de flujo y presión Rociadores Zona 1*

<b>Rociadores</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P7	191.58	57.79
P8	196.77	60.97
P9	190.05	56.88
P13	187.82	55.55
P14	192.41	58.29
P15	186.62	54.84
P16	187.39	55.29
P17	192.01	58.05
P18	186.18	54.58
P22	191.16	57.54
P23	195.53	60.21
P24	190.12	56.92

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

Una vez realizado el cálculo se obtienen como resultados finales para el gabinete escogido, ubicado en la zona Z1, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 8.**  
*Resultado de flujo y presión mangueras zona Z1*

<b>Gabinete</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P686	253.4	102.85

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

### **Sprinklers System 1: Products Warehouse**

Área: 24,000 ft<sup>2</sup> (2,200 m<sup>2</sup>) calculated per drawings

Maximum ceiling height: 38 ft. (11.5 m)

Minimum ceiling height: 34 ft. (10.4 m)

Slope: 5° calculated per drawings

Occupancy: Palletized and Rack storage of plastic products on wooden pallets such as plastic caps inside cardboard boxes, Uncartoned Unexpanded Plastic (UUP).

Type of system: Wet System

Type of sprinkler: K25.2, pendent, quick response, 165°F, 1-in. NPT

Ceiling design criterion: ESFR – 60 psi

Hose demand considered: 253.4gpm @ 102.85 psi

System demand at Base of Riser (BOR): 2,287.62 gpm @ 121.45 psi

System demand at DSFP (Pump): 2,541.02 gpm @ 141.06 psi

Cálculos hidráulicos de cada sistema que muestren las demandas hasta el RISER (BOR) y en la bomba (DSFP)

#### **4.3.2. Sistema de protección en zona Z2**

La hoja de cálculo mostrada en el Anexo B indica la velocidad de flujo, pérdida por fricción y caudal del flujo en cada punto de cálculo según la variación de diámetros en los distintos tramos del recorrido.

El cálculo hidráulico mostrado en el Anexo B se ha realizado a partir de la apertura de doce rociadores, estos rociadores son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son los rociadores y el gabinete más lejano hidráulicamente.



Para la conexión del gabinete más lejano hidráulicamente se considera una presión mínima de trabajo de 100 psi y un caudal de 250 gpm para cada conexión de 2½", de tal manera que satisfaga lo requerido por la Tabla 9.

Los cálculos hidráulicos se inician a partir de la apertura de doce rociadores y una válvula angular de 2½", estos son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son las conexiones más lejanas hidráulicamente, es decir encontrar el escenario más crítico y verificar si las condiciones mínimas de diseño requeridas son satisfechas. Una vez realizado el cálculo se obtienen los valores finales para lo requerido, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 9.**

*Resultados de flujo y presión rociadores zona Z2*

<b>Rociadores</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P75	203.83	65.43
P96	202	64.25
P127	202	64.25
P134	203.83	65.42
P278	201.93	64.21
P280	201.93	64.21
P285	203.76	65.38
P439	204.08	65.58
P445	203.76	65.38
P462	204.1	65.59
P463	202.26	64.42
P464	202.26	64.42

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

Una vez realizado el cálculo se obtienen como resultados finales para el gabinete escogido, ubicado en la zona Z2, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 10**  
*Resultado de flujo y presión mangueras zona Z2*

<b>Gabinete</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P681	250.32	100.27

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

### **Sprinkler System 2: Products Warehouse**

Area: 24,000 ft<sup>2</sup> (2,200 m<sup>2</sup>) calculated per drawings

Maximum ceiling height: 38 ft. (11.5 m)

Minimum ceiling height: 34 ft. (10.4 m)

Slope: 5° calculated per drawings

Occupancy: Palletized and Rack storage of plastic products on wooden pallets such as plastic caps inside cardboard boxes, Uncartoned Unexpanded Plastic (UUP).

Type of system: Wet System

Type of sprinkler: K25.2, pendent, quick response, 165°F, 1-in. NPT

Ceiling design criterion: ESFR – 60 psi

Hose demand considered: 275.86 gpm @ 121.79 psi

System demand at Base of Riser (BOR): 2,435.74 gpm @ 118.36 psi

System demand at DSFP (Pump): 2,686.06 gpm @ 138.88 psi

Cálculos hidráulicos de cada sistema que muestren las demandas hasta el RISER (BOR) y en la bomba (DSFP)

#### **4.3.3. Sistema de protección en zona Z3**

La hoja de cálculo mostrada en el Anexo C indica la velocidad de flujo, pérdida por fricción y caudal del flujo en cada punto de cálculo según la variación de diámetros en los distintos tramos del recorrido. El cálculo hidráulico mostrado en el Anexo C se

ha realizado a partir de la apertura de doce rociadores, estos rociadores son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son los rociadores y el gabinete más lejano hidráulicamente. Para la conexión del gabinete más lejano hidráulicamente se considera una presión mínima de trabajo de 100 psi y un caudal de 250 gpm para cada conexión de 2½", de tal manera que satisfaga lo requerido por la Tabla 11. Los cálculos hidráulicos se inician a partir de la apertura de doce rociadores y una válvula angular de 2½", estos son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son las conexiones más lejanas hidráulicamente, es decir encontrar el escenario más crítico y verificar

**Tabla 11**  
*Resultados flujo y presión rociadores zona Z3*

<b>Rociadores</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P128	207.35	67.70
P281	205.48	66.48
P283	205.22	66.32
P291	205.48	66.48
P292	207.03	67.49
P298	207.09	67.54
P447	205.15	66.28
P448	205.15	66.28
P450	205.22	66.32
P451	207.09	67.53
P452	207.36	67.71
P457	207.02	67.49

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

Una vez realizado el cálculo se obtienen como resultados finales para el gabinete escogido, ubicado en la zona Z3, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 12**  
*Resultado flujo y presión mangueras zona Z3*

<b>Gabinete</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P761	256.71	105.64

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

### **Sprinkler System 3: Products Warehouse**

Area: 24,000 ft<sup>2</sup> (2,276 m<sup>2</sup>) calculated per drawings

Maximum ceiling height: 37 ft. (11.3 m)

Minimum ceiling height: 35 ft. (10.7 m)

Slope: 3° calculated per drawings

Occupancy: Palletized and Rack storage of plastic products on wooden pallets such as plastic caps inside cardboard boxes, Uncartoned Unexpanded Plastic (UUP).

Type of system: Wet System

Type of sprinkler: K25.2, pendent, quick response, 165°F, 1-in. NPT

Ceiling design criterion: ESFR – 60 psi

Hose demand considered: 256.71 gpm @ 105.64 psi

System demand at Base of Riser (BOR): 2,474.64 gpm @ 118.28 psi

System demand at DSFP (Pump): 2,731.36 gpm @ 138.25 psi

Cálculos hidráulicos de cada sistema que muestren las demandas hasta el RISER (BOR) y en la bomba (DSFP).

#### **4.3.4. Sistema de protección en zona Z4**

La hoja de cálculo mostrada en el Anexo D indica la velocidad de flujo, pérdida por fricción y caudal del flujo en cada punto de cálculo según la variación de diámetros en los distintos tramos del recorrido.

El cálculo hidráulico mostrado en el Anexo D se ha realizado a partir de la apertura de doce rociadores, estos rociadores son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son los rociadores y el gabinete más lejano hidráulicamente.

Para la conexión del gabinete más lejano hidráulicamente se considera una presión mínima de trabajo de 100 psi y un caudal de 250 gpm para cada conexión de 2½", de tal manera que satisfaga lo requerido por la Tabla 13.

Los cálculos hidráulicos se inician a partir de la apertura de doce rociadores y una válvula angular de 2½", estos son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son las conexiones más lejanas hidráulicamente, es decir encontrar el escenario más crítico y verificar si las condiciones mínimas de diseño requeridas son satisfechas.

Una vez realizado el cálculo se obtienen los valores finales para lo requerido, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 13**  
*Resultado flujo y presión rociadores zona Z4*

<b>Rociadores</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P260	209.74	69.27
P417	206.92	67.42
P139	206.92	67.42
P112	209.04	68.81
P258	209.80	69.31
P257	206.99	67.47
P84	206.99	67.47
P129	209.12	68.86
P81	210.08	69.49
P86	207.27	67.65
P82	207.27	67.65
P88	209.40	69.05

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

Una vez realizado el cálculo se obtienen como resultados finales para el gabinete escogido, ubicado en la zona Z4, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 14**  
*Resultado flujo y presión mangueras zona Z4*

<b>Gabinete</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión</b>
P764	256.27	105.27

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

#### **Sprinkler System 4: Products Warehouse**

Area: 17,000 ft<sup>2</sup> (1,610 m<sup>2</sup>) calculated per drawings

Maximum ceiling height: 37 ft. (11.3 m)

Minimum ceiling height: 35 ft. (10.7 m)

Slope: 3° calculated per drawings

Occupancy: Palletized and Rack storage of plastic products on wooden pallets such as plastic caps inside cardboard boxes, Uncartoned Unexpanded Plastic (UUP).

Type of system: Wet System

Type of sprinkler: K25.2, pendent, quick response, 165°F, 1-in. NPT

Ceiling design criterion: ESFR – 60 psi

Hose demand considered: 256.27 gpm @ 105.27 psi

System demand at Base of Riser (BOR): 2,499.54 gpm @ 118.47 psi

System demand at DSFP (Pump): 2,755.81 gpm @ 137.61 psi

Cálculos hidráulicos de cada sistema que muestren las demandas hasta el RISER (BOR) y en la bomba (DSFP).

### 4.3.5. Sistema de protección en zona Z5

La hoja de cálculo mostrada en el Anexo E indica la velocidad de flujo, pérdida por fricción y caudal del flujo en cada punto de cálculo según la variación de diámetros en los distintos tramos del recorrido. El cálculo hidráulico mostrado en el Anexo E se ha realizado a partir de la apertura de seis rociadores, estos rociadores son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son los rociadores más lejanos hidráulicamente, de tal manera que satisfaga lo requerido por la Tabla 15. Los cálculos hidráulicos se inician a partir de la apertura de seis rociadores, estos son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son las conexiones más lejanas hidráulicamente, es decir encontrar el escenario más crítico y verificar si las condiciones mínimas de diseño requeridas son satisfechas. Una vez realizado el cálculo se obtienen los valores finales para lo requerido, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 15**  
*Fire protection criteria for ignitable liquids in plastic or glass containers*

Liquid Type, Flash Point	Container Size gal (L)	Storage Arrangement	Maximum Ceiling Heightft (m)	Maximum Storage Heightft (m)	Ceiling Sprinkler System Type	Ceiling Sprinkler Protection			
						Response / Nominal Temperature Rating / Orientation	K-factor gpm/ psi <sup>1/2</sup> (L/min/bar <sup>1/2</sup> ) (Note 2)	Design, # of Sprinklers @ Pressure psi (bar)	
<200°F(93°C)	>1 (4)	Palletized/ Shelf	30 (9.1)	5 (1.5)	Any	SR or QR/Ordinary/Any	11.2 (161)	Entire Room @ 75 (5.2)	
							14.0 (202)	Entire Room @ 48 (3.3)	
							16.8 (235)	Entire Room @ 33 (2.3)	
							22.4 (320)	Entire Room @ 19 (1.3)	
							25.2 (363)	Entire Room @ 15 (1.0)	
					Deluge or Foam-Water	SR or QR/Ordinary/Any	11.2 (161)	Entire Room @ 50 (3.5)	
							14.0 (202)	Entire Room @ 32 (2.2)	
							16.8 (235)	Entire Room @ 22 (1.5)	
							22.4 (320)	Entire Room @ 12 (0.8)	
							25.2 (363)	Entire Room @ 10 (0.7)	
		Rack Storage	No options; use criteria for palletized storage.						
		≤1 (4)	Palletized/ Shelf	30 (9.1)	5 (1.5)	Any	SR or QR/Ordinary/Any	11.2 (161)	Entire Room @ 75 (5.2)
								14.0 (202)	Entire Room @ 48 (3.3)
								16.8 (235)	Entire Room @ 33 (2.3)
								22.4 (320)	Entire Room @ 19 (1.3)
25.2 (363)	Entire Room @ 15 (1.0)								
Deluge or Foam-Water	SR or QR/Ordinary/Any					11.2 (161)	Entire Room @ 50 (3.5)		
						14.0 (202)	Entire Room @ 32 (2.2)		
						16.8 (235)	Entire Room @ 22 (1.5)		
						22.4 (320)	Entire Room @ 12 (0.8)		
						25.2 (363)	Entire Room @ 10 (0.7)		
Rack Storage	Use Section 2.4.7.1 and Table 2.4.7.1. If liquid-package combination is not covered by Table 2.4.7.1, use criteria for palletized storage above.								

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 16**  
*Resultados flujo y presión rociadores zona Z5*

<b>Rociadores</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P487	80.0	51.51
P488	82.65	54.85
P489	79.78	51.24
P490	86.02	59.07
P491	82.43	54.57
P492	86.26	59.38
P635	79.82	51.29
P640	79.61	51.02

Una vez realizado el cálculo se obtienen como resultados finales para las mangueras escogidas, ubicado en la zona Z5, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 17**  
*Resultados flujo y presión mangueras zona Z5*

<b>Mangueras</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión</b>
P164	287.93	132.89
P501	287.93	132.89

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

El cálculo de la cantidad de concentrado AR-AFFF al 3% está determinado por el volumen total de descarga realizada por los rociadores, este volumen es de 11,311.60 gal. Del cual se desprende lo siguiente:



**Tabla18**  
*Resultados de cantidad de concentrado AR-AFFF*

	<b>Volumen (gal.)</b>
Agua	13131.40
Concentrado	393.94

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

### **Sprinkler System 5: Ignitable Liquids Warehouse**

Área: 558 ft<sup>2</sup> (51.84 m<sup>2</sup>) calculated per drawings

Maximum ceiling height: 5.61 m.

Minimum ceiling height: 4.20 m.

Slope: 0°

Occupancy: Ignitable liquids with FP from 55°F to 405°F contained in plastic containers from 1 gal to 55 gal stored in solid shelves.

Type of system: Foam-Water System; 3% AR-AFFF

Type of sprinkler: K11.2, upright, standard response, 150°F, 1/2-in. NPT

Ceiling design criterion: agua – espuma 50 psi

Hose demand considered: 575.86 gpm @ 141.21 psi

System demand at Base of Riser (BOR): 656.57 gpm @ 139.49 psi

System demand at DSFP (Pump): 1,232.42 gpm @ 152.32 psi

For this foam-water system is considered a Bladder Tank of 400-gal. Also, drainage is being considered to flow to an outside container with a volume of 55 m<sup>3</sup> (12,000-gal).

Cálculos hidráulicos de cada sistema que muestren las demandas hasta el RISER (BOR) y en la bomba (DSFP).

#### 4.3.5.1. Cálculo específico para la sala de líquidos inflamables

**Criterio:** La contención de drenaje sea capaz de organizar todo el líquido derramado almacenado en esta área más la descarga real del rociador al salir de la sala/edificio de origen durante 20 minutos

**Cálculo:**

Volumen de Rociadores por 20 min. =  $656.57 \text{ gpm} \times 20 \text{ min} = 13131.40 \text{ gal.}$

Volumen de Líquidos Inflamables Almacenados=  $55 \text{ gal} \times 24 = 1320 \text{ gal.}$

Volumen total para Contención y Drenaje=  $14451.40 \text{ gal} = 55\text{m}^3$

#### 4.3.6. Sistema de protección en zona Z6

La hoja de cálculo mostrada en el Anexo F indica la velocidad de flujo, pérdida por fricción y caudal del flujo en cada punto de cálculo según la variación de diámetros en los distintos tramos del recorrido. El cálculo hidráulico mostrado en el Anexo F se ha realizado a partir de la apertura de seis rociadores, estos rociadores son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son los rociadores y el gabinete más lejano hidráulicamente. Para la conexión del gabinete más lejano hidráulicamente se considera una presión mínima de trabajo de 100 psi y un caudal de 250 gpm para cada conexión de 2½", de tal manera que satisfaga lo requerido por la Tabla 19 y 20.

Los cálculos hidráulicos se inician a partir de la apertura de seis rociadores y una válvula angular de 2½", estos son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son las conexiones más lejanas hidráulicamente, es decir encontrar el escenario más crítico y verificar si las condiciones mínimas de diseño requeridas son

satisfechas. Una vez realizado el cálculo se obtienen los valores finales para lo requerido, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 19**

*Consideraciones para el diseño de rociadores en zona Z6*

Hazard Categor	Ceiling Height "up to 30 ft (9 m)" <sup>Note 2</sup>		Ceiling "Height 30-45 ft (9-13.5 m)"		Ceiling "Height 30-45 ft (9-13.5 m)"		Ceiling Height 30-45 ft (9-13.5 m)	
	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry
HC-1	0.1/1500 (4/140) <sup>No te1</sup>	0.1/1500 (4/140)	0.2/2500 (8/230)	0.2/3500 (8/330)	0.2/2500 (8/230)	0.2/3500 (8/330)	0.6/1200 (24/110)	Design Guidance Currently Unavailabl e.
HC-2	0.2/2500 (8/230)	0.2/3500 (8/330)	0.2/2500 (8/230)	0.2/3500 (8/330)	0.2/2500 (8/230)	0.2/3500 (8/330)	0.6/1200 (24/110)	
HC-3	0.3/2500 (12/230)	0.3/3500 (12/330)	0.3/3600 (12/340)	0.3/4600 (12/430)	0.5/3000 (20/280)	0.5/4000 (20/370)	0.6/1200 (24/110)	

**Tabla 20**

*Resultados de flujo y presión rociadores en zona Z6*

Rociadores	Flujo	Presión
	(usgpm)	(psi)
P527	65.76	101.38
P528	64.93	99.69
P529	66.3	102.48
P555	70.42	110.86
P705	67.12	104.15
P730	66.25	102.39
P731	67.81	105.55

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

Una vez realizado el cálculo se obtienen como resultados finales para el gabinete escogido, ubicado en la zona Z6, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 21**  
*Resultado de flujo y presión gabinetes zona Z6*

<b>Mangueras</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión</b>
P144	294.89	139.3

### **Sprinkler System 6: Offices (Two-story)**

Area: 9,600 ft<sup>2</sup> (895.5 m<sup>2</sup>) calculated per drawings

Maximum ceiling height: 4.35m

Minimum ceiling height: 4.35m

Slope: 0°

Occupancy: Offices and similar areas

Type of system: Wet System

Type of sprinkler: K5.6, pendent, standard response, 155°F, 1/2-in. NPT for upper floor

K5.6, upright, standard response, 155°F, 1/2-in. NPT, for ground floor.

Ceiling design criterion: 0.1 gpm/ft<sup>2</sup> – 1500ft<sup>2</sup>

Hose demand considered: 294.89 gpm @ 139.3 psi

System demand at Base of Riser (BOR): 468.58 gpm @ 145.14 psi

System demand at DSFP (Pump): 763.47 gpm @ 154.81 psi

#### **4.3.7. Sistema de protección en zona Z7**

La hoja de cálculo mostrada en el Anexo G indica la velocidad de flujo, pérdida por fricción y caudal del flujo en cada punto de cálculo según la variación de diámetros en los distintos tramos del recorrido. El cálculo hidráulico mostrado en el Anexo G se ha realizado a partir de la apertura de seis rociadores, estos rociadores son escogidos

indistintamente para poder obtener cuales son los rociadores y el gabinete más lejano hidráulicamente. Para la conexión del gabinete más lejano hidráulicamente se considera una presión mínima de trabajo de 100 psi y un caudal de 250 gpm para cada conexión de 2½”, de tal manera que satisfaga lo requerido por la Tabla 22 y 23.

Los cálculos hidráulicos se inician a partir de la apertura de seis rociadores y una válvula angular de 2½”, estos son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son las conexiones más lejanas hidráulicamente, es decir encontrar el escenario más crítico y verificar si las condiciones mínimas de diseño requeridas son satisfechas.

Una vez realizado el cálculo se obtienen los valores finales para lo requerido, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 22**

*Consideración para el diseño de rociadores zona Z7*

Hazard Categor	Ceiling “Height up to 30 ft (9 m)” <sup>Note 2</sup>		Ceiling “Height 30-45 ft (9-13.5 m)”		Ceiling “Height 30-45 ft (9- 13.5 m)”		Ceiling “Height 30-45 ft (9- 13.5 m)”	
	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry
HC-1	0.1/1500 (4/140) <sup>Not e1</sup>	0.1/1500 (4/140)	0.2/2500 (8/230)	0.2/350 0 (8/330)	0.2/2500 (8/230)	0.2/3500 (8/330)	0.6/1200 (24/110)	Design Guidance
HC-2	0.2/2500 (8/230)	0.2/3500 (8/330)	0.2/2500 (8/230)	0.2/350 0 (8/330)	0.2/2500 (8/230)	0.2/3500 (8/330)	0.6/1200 (24/110)	Currently Unavailabl e.
HC-3	0.3/2500 (12/230)	0.3/3500 (12/330)	0.3/3600 (12/340)	0.3/460 0 (12/430 )	0.5/3000 (20/280)	0.5/4000 (20/370)	0.6/1200 (24/110)	

*Fuente:* FMDS0200 Installation Guidelines for Automatic Sprinklers

**Tabla 23***Resultados de flujo y presión rociadores zona Z7*

<b>Rociadores</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P519	65.98	101.83
P522	66.55	102.99
P525	67.1	104.12
P549	67.73	105.39
P532	66.72	103.34
P546	67.15	104.22
P557	67.77	105.48

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

Una vez realizado el cálculo se obtienen como resultados finales para el gabinete escogido, ubicado en la zona Z7, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida:

**Tabla 24***Resultado flujo y presión mangueras zona Z7*

<b>Gabinete</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P748	284.51	129.75

*Fuente:* Elaboración propia (2022)**Sprinkler System 7: Offices (Two-story)**

Area: 9,600 ft<sup>2</sup> (895.5 m<sup>2</sup>) calculated per drawings

Maximum ceiling height: 3.2m

Minimum ceiling height: 2.6m

Slope: 0°

Occupancy: Offices and similar areas

Type of system: Wet System

Type of sprinkler: K5.6, pendent, standard response, 155°F, 1/2-in. NPT for upper floor

K5.6, upright, standard response, 155°F, 1/2-in. NPT, for ground floor.

Ceiling design criterion: 0.1 gpm/ft<sup>2</sup> – 1500ft<sup>2</sup>

Hose demand considered: 284.51 gpm @ 129.75 psi

System demand at Base of Riser (BOR): 469.00 gpm @ 142.63 psi

System demand at DSFP (Pump): 753.51 gpm @ 154.85 psi

#### 4.3.8 Toma de decisiones

##### Determinación de la capacidad de la bomba contra incendio

Habiendo determinado los requerimientos mínimos para el Sistema Contra Incendio, y a su vez se determinó el diámetro de las tuberías y sus accesorios de la Red Principal, se calculó cuál es el escenario de mayor riesgo, obteniendo los datos de presión y caudal mínimos para la elección de la bomba. Los resultados finales son:

**Tabla 25**  
*Capacidad de la bomba contra incendio*

<b>Mangueras</b>	<b>Flujo (usgpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>
P166	2.755.81	137.61

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

Finalmente, la selección de la bomba por tema comercial y de fábrica será según se detalla:

Horizontal Fire Pump (diesel)

Rated Flow and Pressure: 3000 gpm @ 145 psi

Manufacturer and Model: Aurora modelo 8-491-18A

Suction: 12 in.

Discharge: 12 in.

Fire Pump Controller: FIRETROL FTA 1100-J

Diesel Engine: 340 BHP/2100 RPM Model DQ6H-UFAA50, Clarke.

Jockey Pump

Rated Flow and Pressure: 30 gpm @ 150 psi

Manufacturer and Model: Aurora

Controller: FIRETROL FTA 550F

El motor petrolero requerirá de 400 galones para el tanque de combustible diesel. Se instalarán a su interior rociadores k=8 upright respuesta estándar 200°F.

Los Cálculos hidráulicos de cada sistema que muestran las demandas hasta el RISER (BOR) y en la bomba (DSFP)

#### **4.3.9. Determinación de la capacidad de la cisterna contra incendio**

Habiendo determinado los requerimientos mínimos para el Sistema Contra Incendio, se determina que el caudal requerido por el sistema debe tener una autonomía de suficiencia de por lo menos 60 minutos, por lo que el volumen de la cisterna queda definido por la siguiente capacidad: 681.30m<sup>3</sup>.



## CONCLUSIONES

El objetivo general que el sistema de seguridad contra incendios a base de agua, tomando como modelo las pruebas realizadas por FM Global, debe proporcionar los más altos niveles de confiabilidad, ya que ha pasado por diversas experticias técnicas que lo caracterizan en un rango de alta calidad. Ya que dentro de este sistema diseñado para la Empresa Farminustria, se tiene los rociadores para almacenamiento determinados por FM Global, los cuales tienen un factor k desde 11.2 (160) hasta 33.6 (480). De igual manera se puede encontrar los diseños a nivel de techo basándose en 5 elementos vinculados con el rociador. Siendo el Factor K (tamaño del orificio) y la orientación de tipo colgante lo más importantes. La protección con rociadores automáticos complementada con operaciones manuales de extinción de incendios y buenas prácticas de mantenimiento y almacenamiento; es un solución probada y práctica.

Para el objetivo específico, se determinó adecuadamente el análisis de riesgo, en base a la capacidad de carga de fuego y el tipo de material de la infraestructura del recinto para este caso el almacén.

Fue necesario recopilar información como es la altura máxima del almacenamiento, la altura del techo, el tipo de apilamiento y como está almacenado el producto, así procesar la información y obtener de las data sheet de FM Global valores y parámetros para una adecuada selección de componentes (rociadores y mangueras), que permitan combatir un incendio. Adicionalmente se realizó un cuadro comparativo del sistema antiguo y el nuevo para identificar criterios de diseño que permita dar soporte a un nuevo sistema de protección contra incendio a base de agua en línea con las directrices de diseño de FM Global.

Para el objetivo específico 2, que el estudio determinó la capacidad de la bomba lo siguiente.

El requerimiento de diseño de la bomba contra incendio es de 2755.81@137.61 psi.

En cuanto a los parámetros adquiridos para el diseño de la bomba contra incendios está por debajo de la presión máxima permitida a caudal 0 y tiene una presión superior al mínimo permitido para el 150% del caudal nominal. Dicha bomba seleccionada podrá variar dentro del rango establecido en presión, pero por ningún motivo deberá estar fuera de lo que se indica según el data sheets "FMDS0307" Fire Protection Pumps, con respecto a los cálculos hidráulicos, éstos se inician a partir de la apertura de doce rociadores y una válvula angular de 2½", los cuales son escogidos indistintamente para poder obtener cuales son las conexiones más lejanas hidráulicamente, es decir encontrar el escenario más crítico y verificar si las condiciones mínimas de diseño requeridas son satisfechas. Una vez realizado el cálculo se obtienen los valores finales para lo requerido, verificando que los resultados lleguen a satisfacer la demanda requerida.

Para el objetivo específico 3 que los requerimientos mínimos para diseñar un sistema de rociadores automático para el Sistema Contra Incendio, parte estableciéndose el escenario de mayor riesgo, en donde se obtienen datos de presión y caudal mínimos para diseñar adecuadamente redes de tuberías que permita proteger los recintos de manera eficiente. El sistema de protección contra incendio se ha diseñado hidráulicamente para abastecer la máxima demanda. De esta manera se tiene la confiabilidad de que el sistema trabajará en óptimas condiciones en concordancia a lo exigido por la norma FM Global.

## RECOMENDACIONES

Mejorar el volumen mínimo de reserva de agua para una autosuficiencia de una hora (60 min.) que será requerido es de aproximadamente 681.30 m<sup>3</sup> y con respecto a la bomba contra incendio debe cumplir el punto de operación para la zona de mayor demanda hidráulicamente que es 2,755.81 gpm @ 137.61 psi. Además, es necesario analizar los estándares nacionales existentes del RNE para certificar la seguridad de los edificios más antiguos protegidos por RNC. La universidad, con la ayuda de sus medios de comunicación, puede plantear este reglamento a las instituciones estatales competentes con el fin de desarrollar normas estatales para el mejoramiento del bienestar social.

El uso de los gabinetes contra incendios del diseño son de Clase I y Clase III, además que el área hidráulicamente más lejana queda definida para la ZONA Z4. El país con estos estándares aumentará la competitividad de las compañías reduciendo la inversión y aumentando la productividad.

La instalación del nuevo sistema contra incendio, se debe realizar una revisión de todos los elementos que se decidan mantener o reutilizar, y de esta manera mantener la operatividad de todo el sistema contra incendio, se deberá recomendar mantenimientos e inspecciones periódicas a toda la red, según la recomendación de FM Global.

Capitalizar una gestión de riesgo en la empresa, lo cual permitiría desarrollar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, planteándose como futura línea de investigación. Con ello se preservaría la integridad física de los trabajadores.

La gestión de riesgos laborales, tomando en consideración lo siguiente: La organización debe ser partícipes en la formación del plan de salud y seguridad. Elegir al responsable de la ejecución del plan.

Resaltar la importancia de realizar propuestas para implementar programas de prevención de incendios. Aunado a esto, es de gran relevancia para toda gran industria poseer sistemas confiables contraincendios, así como contar con medidas pasivas y activas que permitan atender de manera efectiva cualquier eventualidad que pudiese suceder. Por lo tanto, las acciones de evacuación, detección, control y apagado de un incendio deben planificarse atendiendo a las condiciones y requerimientos de la industria. En este caso, el sistema de seguridad contra incendios a base de agua va a proporcionar los niveles más altos de seguridad y confiabilidad a la empresa Farminustria SA, incorporando los más avanzados estándares de calidad y eficiencia total.

## REFERENCIAS

- Ascón, A. (2019). *Implementación de un sistema de bombeo contra incendios en un edificio corporativo de 15 pisos en Lima Metropolitana*. (Tesis de Pregrado). Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Asencios, G. (2018). *Propuesta de implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional aplicado a empresa contratista LM SAC del sector metal mecánica*. (Tesis de Pregrado). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Asfahl, C., Ray, D. y Rieske, W. (2010). *Seguridad y Salud Industrial*. 6 ed. México: Prentice-Hall.
- Britez, C., Carvalho, M., Helene, P. (2020). "Acciones y efectos nocivos del fuego sobre estructuras de concreto. Una breve reseña", *Revista ALCONPAT*, 10 (1), pp. 1 – 21, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v10i1.421>
- Casquet, J. (2015). *Abastecimiento de agua contra incendios*. Barcelona, España: Col·legid'EnginyersGraduats i EnginyersTècnicsIndustrials de Barcelona.
- Consejo Nacional de Bomberos Voluntarios. (2006). *Módulo 3: Fuego*. En C. N. Voluntarios-Argentina, Manual 1er Nivel (págs. 48-61). Buenos Aires.
- EALDE Business School. (3 de diciembre de 2019). *9 normas de Gestión de Riesgos que todo risk manager debe conocer*. Obtenido de <https://www.ealde.es/normas-gestion-riesgos/>

Factory Mutual (2010). FMDS0208: *Earthquake Protection for Water-Based Fire Protection Systems*.

Factory Mutual (2011) FMDS0404: *Standard for Standpipe and hose Systems*.

Factory Mutual (2020) FMDS0200: *Installation Guidelines for Automatic Sprinklers*.

Factory Mutual. (2012) FMDS0370: *Fire Protection Pumps*.

Factory Mutual. (2018) FMDS0729: *Ignitable Liquid Storage in Portable Containers*.

Factory Mutual. (2018) FMDS0809: *Storage of Class 1, 2, 3, 4 and Plastic Commodities*

Factory Mutual. (2020) FMDS0326: *Fire Protection Water Demand for Nonstorage Sprinklered Properties*.

Factory Mutual. (2020) FMDS0783: *Drainage and Containment Systems for Ignitable Liquids*

Fox, R. y McDonald, A. (1995). *Introducción a la Mecánica de Fluidos*. Mexico: McGraw Hill.

Gratton, J. (2001). *Educación para la seguridad contra incendios*. [Aut. Libro] P.E Arthur E. Cote. Manual de protección contra incendios. España: MAPFRE, 2001.

Martín, I., Salcedo, R., y Font, R. (2011). *Mecánica de Fluidos Tema1. Flujo interno de fluidos incompresibles y compresibles*. Estados Unidos.

- Masquiarán, S. (2019). *Sistema de protección contra incendio bajo la normativa NFPA para aplicar en la zona de talleres de la UTFSM, sede Concepción*. (Tesis de Pregrado). Concepción, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (2017). *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, su Reglamento y Modificatorias*. Lima, Perú: Dirección General de Derechos Fundamentales y Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Grupo Universitario.
- National Fire Protection Association (2007). *NFPA 10: Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios*. Bogotá D.C: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios.
- National Fire Protection Association (2007). *NFPA 13: Instalación de Sistemas de Rociadores*. Estados Unidos: Instituto IRAM.
- Panduro, R. (2020). *Sistema Contra Incendio Bajo la Norma NFPA para Incrementar la Seguridad del Personal en la Minera Las Bambas, Apurímac – 2020*. (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial). Apurímac, Perú.
- Portillo, A. (2019). *Gestión de un Sistema Contra Incendios Mediante Interfaces de Comunicación Field Server para Plantas de Procesamiento de Oro*. Caso: Minera Buenaventura. (Tesis de Maestría). Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao.
- Schaum, S. (2010). *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. Mc Graw Hill: Madrid. 3ra. Edición.

- Smith, L. y Cristol, S. (1970). *Organic Chemistry*. Barcelona: Editorial revertè, S.A.
- Villanueva, L. (1984). *Métodos de extinción y agentes extintores*. Barcelona: Centro de Investigacion y Asistencia Tecnica.
- White, F. (2014). *Mecánica de fluidos*. Quinta edición. Ediciones Mc Graw Hill: Madrid.
- Young, H. y Freedman, R. (2009). *Fisica Universitaria*. México: Pearson Educación.
- Yunus A. y Cengel J. (2015). *Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones*. Madrid: Mc Graw Hill.