

Diseño de un Sistema Contra Incendios para el Área de Producto Terminado de una Planta Elaboradora de Pinturas

Lincoln Eduardo Cruz Castro ⁽¹⁾, Ing. Ernesto Martínez Lozano ⁽²⁾
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil – Ecuador
l_cruz_castro@hotmail.com⁽¹⁾, emartine@espol.edu.ec⁽²⁾

Resumen

Por medio del siguiente trabajo, se intentara dar a conocer, los criterios y pasos necesarios que requiere seguir un ingeniero para el diseño de un sistema contra incendio, utilizando las normas de seguridad y protección que dicta la National Fire Protection Association (NFPA). Partimos analizando las condiciones y requerimientos actuales de la empresa donde haremos el estudio, es decir, reconociendo los riesgos presentes, las instalaciones físicas a proteger y el factor humano a precautelar, para luego determinar por medio de las normas y los cálculos matemáticos, el mejor método de extinción, el más eficaz sistema de detección y alarma, la distribución de red de tuberías con sus respectivos accesorios, el diseño del tanque de almacenamiento y la selección del grupo de bombeo. Luego continuamos con la realización de los planos de detalle del sistema contra incendio para su posterior construcción e instalación en la empresa. Y finalizaremos con la determinación de los costos actuales del sistema, el programa de mantenimiento que debe aplicarse al sistema y las respectivas conclusiones y recomendaciones.

Palabras claves: Sistema contra incendio

Abstract

Through the following work, is try to publicize the criteria and steps requiring further an engineer for the design of a system against fire, using the rules of safety and protection that dictates the National Fire Protection Association (NFPA). We start by analyzing the conditions and current requirements of the company where we study, i.e. Recognizing present risks, physical to protect facilities and the human factor, protectively, to then determine by means of rules and the mathematical calculations, the best method of extinction, the most effective detection and alarm system, the distribution of network of pipes with their respective accessories, the design of the storage tank and the selection of the pumping unit. Then continue with the realization of the levels of detail of the system against fire for its subsequent construction and installation in the company. And we finish with the determination of the current costs of the system, the maintenance program that should apply to the system and the respective conclusions and recommendations.

Keywords: Fire protection sistem

1. Introducción

El presente trabajo tiene como finalidad diseñar un sistema contra incendios, específicamente en el área de almacenamiento de producto terminado, basándose estrictamente en los requisitos que exige la N.F.P.A., cuyas siglas en inglés significan National Fire Protection Association.

El estudio comenzara mencionando las diferentes normas que, desde su creación, ha elaborado y publicado la N.F.P.A., para que sean aplicadas en las diferentes situaciones que se presentan en la sociedad, con el único fin de precautelar los bienes y las personas.

Se dará una breve explicación de los tipos de fuego, los agentes extintores, los diferentes métodos y mecanismos de extinción y detección de incendios que existen en la actualidad para luego entrar a la parte de diseño del sistema contra incendios, que consiste en la determinación del mejor sistema de extinción y detección de incendios y la selección de la red de tuberías, rociadores automáticos, grupo de bombeo con su respectivos accesorios y la determinación de la capacidad del tanque de abastecimiento del sistema.

Además se indicara los mantenimientos preventivos que se deben a aplicar a los diferentes componentes del sistema contra incendio para garantizar su correcto funcionamiento y operación.

El trabajo termina indicando la inversión necesaria en la actualidad para la construcción y montaje de un sistema contra incendio.

2. N.F.P.A.

La NFPA es una de las principales fuentes de normas y códigos para la protección contra incendios, y que se han entrelazado en la legislación a todos los niveles del gobierno.

Los códigos y normas son preparados por técnicos de composición equilibrada para representar de forma justa todos los puntos de vista, y se encargan de preparar unas normas de seguridad contra incendios que resulten equitativas sin un gasto prohibitivo, sin interferencia con procedimientos ya establecidos.

Las principales normas NFPA son las siguientes:

NFPA 1 - 101.- Identificación las áreas mayor riesgo.

NFPA 10.- Distribución de extintores.

NFPA 13- Instalación sistema rociadores automáticos

NFPA 14.- Prueba hidrostática para tuberías y tanques.

NFPA 20.- Instalación de bombas de agua.

NFPA 22.- Diseño e instalación de tanques para agua.

NFPA 24.- Instalación de tomas de agua y tuberías.

NFPA 25.- Evaluación y mantenimiento de sistemas.

NFPA 72.- Diseño de sistemas de detección y alarmas.

NFPA 72E.- Instalación detectores de humo y calor.

NFPA 231.- Áreas de almacenamiento en general.

3. Fundamentos Teóricos

Agentes Extintores

Agua

Su mecanismo consiste en quitar calor al fuego ya que toma grandes cantidades de calor al evaporarse. Se utiliza específicamente en fuegos clase A.

Anhídrido Carbónico (CO₂)

Desplaza el oxígeno del área en combustión, como es inerte y más pesado que el aire, actúa por sofocación. El CO₂ es apto para fuegos clase B y C.

Espumas

Consisten en una masa de burbujas rellenas de gas que se forman a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas formulas.

Es apta para fuegos clase A y clase B.

Agentes halogenados

Son hidrocarburos en los que uno átomo de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de halógeno. Los halógenos son: flúor, cloro, bromo y yodo.

Son aptos para fuegos clase B y C.

Polvos Químicos

Extingue por sofocación, se interpone entre el aire ambiente y la sustancia en combustión. El polvo químico triclase ABC es un producto químico cuyo elemento fundamental es el fosfato de amonio.

Son aptos para fuegos clase A, B y C.

Clasificación de los fuegos

Se clasifican según sus agentes extintores:

Clase A

Son los fuegos en materiales combustibles sólidos comunes, tales como: madera, papel, textiles, cauchos y plásticos termoestables.

Clase B

Son los fuegos de líquidos inflamables y/o combustibles, gases, grasas, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes, gases inflamables y plásticos termoplásticos.

Clase C

Son los fuegos sobre equipos eléctricos energizados y donde la conductividad eléctrica del medio de extinción es importante.

Clase D

Son los fuegos en metales combustibles tales como Magnesio, Sodio, Litio, Potasio, Circonio, Titanio, etc.

Clasificación de las Ocupaciones

Esta clasificación se refiere para la instalación de rociadores y a su abastecimiento de agua.

Ocupaciones de Riesgo Leve (RL)

Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor

Ocupaciones de Riesgo Ordinario (RO)

Riesgo Ordinario grupo 1.- Donde la combustibilidad es baja, la cantidad de los combustibles es moderada, las pilas de almacenamiento no pasen los 2.4m de altura.

Riesgo Ordinario grupo 2.- Donde la combustibilidad es baja, la cantidad de los combustibles es de moderada a alta, las pilas de almacenamiento no pasen los 3.70m de altura.

Ocupaciones de Riesgo Extra (RE)

Donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es muy alta y están presentes líquidos inflamables o combustibles.

Riesgo Extra grupo 1.- Lo descrito anteriormente con la presencia de poco o ningún líquido inflamable o combustible

Riesgo Extra grupo 2.- Lo descrito anteriormente con cantidades moderadas a considerables de líquidos inflamables o combustible, o donde se resguarden cantidades importantes de líquidos combustibles.

Partes de un Sistema contra incendios

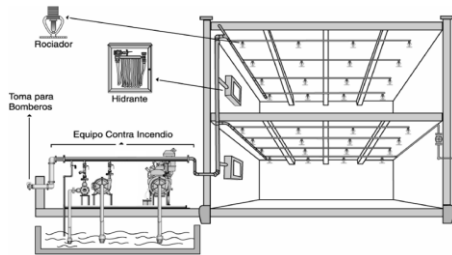


Figura 1. Esquema sistema contra incendio.

- Abastecimiento de agua.
- Grupo de bombeo.
- Red distribución agua: Tubería, siamesa, Gabinetes.
- Sistema de Detección.
- Sistema de Extinción.

Clasificación de los sistemas de mangueras

Clase I

Conexión para manguera de 2 1/2" se destinan para uso por parte de los servicios de bomberos o por personal adiestrado en el uso de mangueras de gran diámetro.

Clase II

Conexión para manguera de 1 1/2" se destinan al uso de los ocupantes hasta la llegada de los bomberos. La manguera está conectada a lanzas abiertas de 3/8" o 1/2" o combinadas con chorro de niebla.

Clase III

Se destinan, tanto a los servicios de bomberos como a los ocupantes del edificio. Debido a su uso múltiple, tienen conexiones para manguera de 2 1/2" y 1 1/2".

Rociadores automáticos

Son dispositivos que descargan agua automáticamente sobre el punto incendiado, en cantidad suficiente para extinguirlo totalmente o impedir su propagación.

El agua llega a los rociadores a través de un sistema de tuberías, generalmente suspendidas del techo.

Las principales funciones de los rociadores son:

- Proteger vidas y bienes.
- Proteger las estructuras de edificios que no colapsen.

Se dividen:

Rociadores modo de control.- Su misión es controlar y aislar el incendio. No están diseñados para apagar los incendios, solo lo controlan. Estos pueden ser de respuesta rápida y respuesta estándar y a su vez pueden ser montantes o colgantes.

Rociadores modo de supresión.- Su misión es suprimir el incendio. Si están diseñados para apagar los incendios. Estos pueden ser de respuesta rápida y respuesta estándar y a su vez pueden ser montantes o colgantes.

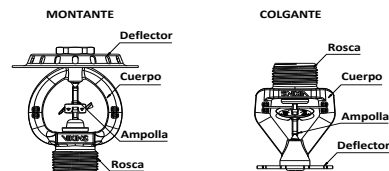


Figura 2. Esquema rociador montante y colgante.

Características de un rociador

Son las que definen su capacidad para controlar o extinguir un incendio y estas son:

- Sensibilidad térmica.
- Según la sensibilidad térmica hay dos tipos:
 - De respuesta rápida y de respuesta estándar
- Temperatura de activación
- Diámetro de orificio
- Orientación de instalación
- Características de la distribución del agua

Característica de descarga de rociadores

El factor k, la descarga relativa, y la identificación de los rociadores que posean distintos tamaños de orificio se detallan en la tabla 1

Tabla 1. Características de descarga de rociadores

Diám nom orificio pulg	mm	Factor K	% descarga de 1/2"	Tipo rosca
1/4	6.40	1.3 - 1.5	25	1/2" NPT
5/16	8.00	1.8 - 2.0	33.3	1/2" NPT
3/8	9.50	2.6 - 2.9	50	1/2" NPT
7/16	11.00	4.0 - 4.4	75	1/2" NPT
1/2	12.70	5.3 - 5.8	100	1/2" NPT
17/32	13.50	7.4 - 8.2	140	1/2" - 3/4" NPT
17/32	13.50	11.0 - 11.5	140	1/2" - 3/4" NPT
5/8	15.90	11.0 - 11.5	200	1/2" - 3/4" NPT
5/8	15.90	13.5 - 14.5	200	1/2" - 3/4" NPT
3/4	19.00	13.5 - 14.5	250	3/4" NPT

En la tabla 2, se indica la temperatura de activación normalizada de los rociadores automáticos.

Tabla 2. Temperatura y clasificación de rociadores

Temp máx. techo		Rango temp		Clasificación	Código	Color
°F	°C	°F	°C	Temperatura	color	Ampolla vidrio
100	38	135 - 170	57 - 77	ordinario	negro	naranja / rojo
150	66	175 - 225	79 - 107	intermedio	blanco	amarillo / verde
225	107	250 - 300	121 - 149	alta	azul	azul
300	149	325 - 375	163 - 191	extra alto	rojo	purpura
375	191	400 - 475	204 - 246	my alta	verde	negro
475	246	500 - 575	260 - 302	ultra alta	naranja	negro
625	329	650	343	ultra alta	naranja	negro

Áreas máximas a proteger

La tabla 3, nos indica las máximas áreas que pueden cubrir un sistema de rociadores

Tabla 3. Áreas a cubrir por un sistema rociadores

Tipo Riesgo	Sup. Max (m ²)
Riesgo Leve	4831
Riesgo Ordinario	4831
Riesgo Extra (tabulado)	2323
Riesgo Extra (calculado hidráulicamente)	3716
Almacenamiento gran altura	3716

Según la NFPA 13 4-5.2.2, el área máxima de cobertura permitida para un rociador no debe superar los 400ft².

Rociadores en Estanterías

El área máxima protegida por un único sistema de rociadores en estanterías, no debe ser mayor de 40.000ft² incluyendo pasillos, sin tener en cuenta el número de niveles de los rociadores en las estanterías.

Los rociadores en estanterías deben ser de temperatura normal de 1/2" (12.7mm) o 7/32" (13.5mm).

El espacio vertical mínimo entre el deflector del rociador y el nivel más alto de almacenaje será 6".

La separación máxima entre rociadores debe ser 10ft.

El primer nivel de rociadores en estanterías debe ubicarse a una altura igual o mayor que la altura que la mitad de la altura del almacenamiento

Deben operar a una presión mínima de 15 psi.

Cuando se existan rociadores en estanterías debe instalarse válvulas de control y drenaje independientes para los rociadores del techo y las estanterías.

Cuando se instale un nivel intermedio de rociadores en estanterías, la demanda de agua debe basarse en la operación simultánea de los 4 rociadores adyacentes de mayor demanda hidráulica.

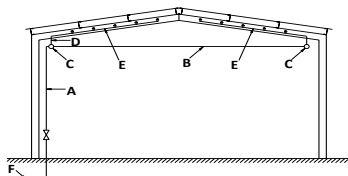


Figura 3. Esquema de sistema rociadores

Partes de un sistema de rociadores

Ramales (E).- Tuberías donde se colocan los rociadores, directamente o a través de niples.

Tuberías principales transversales (C).-Tuberías que alimentan a los ramales, directamente o a través de tuberías ascendentes o montantes.

Tuberías principales de alimentación (B).- Tuberías que alimentan a las tuberías principales transversales.

Acople flexible para tuberías (D).- Acople, que permite el desplazamiento axial, rotación y, por lo menos 1° de rotación angular de la tubería.

Tubería vertical de alimentación (A).- Las tuberías verticales de alimentación de un sistema de rociadores. Montante.- Una línea que alimenta a un rociador.

Dispositivos de supervisión.- Dispositivos para revisar la condición operativa del sistema de rociadores.

Tallo del sistema (F).- La tubería vertical u horizontal ubicada sobre la superficie, entre el suministro de agua y las tuberías principales, que contiene una válvula de control y un dispositivo sensor de flujo de agua.

4. Diseño del Sistema Contra Incendio.

Selección de rociadores

Vamos a utilizar rociadores pulverizadores de cobertura extendida, tipo montante, ya que estos son usados para controlar incendios de gran intensidad en bodegas de almacenamiento en pallets o estantes.

Áreas y distancias entre rociadores

Para instalaciones de riesgo extra y gran almacenamiento, la tabla 4 nos muestra que el área máxima de protección de un rociador será 13,38m² o 18,21m² y la separación máxima será 3,66m o 4,27m.

El área máxima de cobertura de un rociador no debe superar los 37,10m².

La distancia máxima de los rociadores a la pared, no debe ser mayor a la mitad de la distancia máxima entre rociadores.

La distancia mínima de rociadores a la pared, no debe ser menos a 102mm.

La separación mínima, entre rociadores no debe ser menor a 2,44m.

La distancia entre el techo y el deflector del rociador, no debe ser menos de 25,4mm y ni mayor a 305mm,

Los rociadores ubicados debajo del cumbretero, deben estar a una distancia vertical no mayor a 915mm.

El espacio libre entre el deflector y la parte superior del almacenamiento debe ser mayor de 457mm.

Nuestros rociadores van a tener una separación S= 2,795m L=3,680m en el área A₁ y S=2,370m y L=3,680m en el área A₂.

Entonces el área máxima a cubrir de cada rociador es:

$$A_1 = S * L = 2.795 * 3.68 = 10,286m^2$$

$$A_2 = S * L = 2.37 * 3.68 = 8,72m^2$$

Tabla 4. Áreas y separación de rociadores

Tipo Construcción	Riesgo ligero		Riesgo ordinario		Riesgo extra		Almacenamiento		
	Área ft ²	Distancia ft	Área ft ²	Distancia ft	Área ft ²	Distancia ft	Área ft ²	Distancia ft	
Sin obstrucción			400	20					
			324	18					
	400	20	256	16					
	324	18	196	14	196	14	196	14	
Con obstrucción no combustible	256	16	144	12	144	12	144	12	
			400	20					
			324	18					
	400	20	256	16					
		324	18	196	14	196	14	196	14
		256	16	144	12	144	12	144	12

Asumimos que la temperatura máxima en el techo estará alrededor de los 50°C, en su punto máximo. Según la tabla 2, los rociadores seleccionados serán los que tengan un rango de temperatura de 79 - 107°C, tendrán una clasificación de temperatura intermedia, el código de color será blanco y el color de la ampolla de vidrio será amarillo o verde.

Área de diseño

Debe ser el área de mayor demanda hidráulica. Para obtener la cantidad de agua necesaria para los rociadores acudimos a la norma NFPA13 5-3.5.4, que dice, que el área mínima de diseño debe ser 89m².

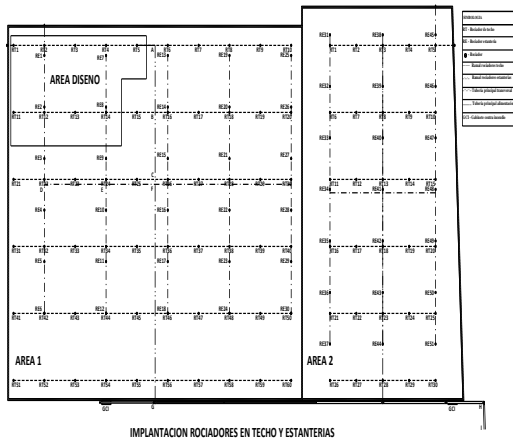


Figura 5. Ubicación del área de diseño.

$A_{\text{diseño}} = 89\text{m}^2$
 $A_{\text{cobertura c/rociador}} = S * L = (2,795) * (3,68) = 10,29\text{m}^2$
 $\text{No. rociadores} = 89 / 10,29 = 8,65 = 9 \text{ rociadores.}$
 $\text{No. rociadores c/línea} = 1,2 * \sqrt{A} / S = 1,2 * (\sqrt{89}) / 2,795 = 4,05 = 5$
 En el caso del área A₁ y el área A₂, el área de diseño a considerar será el área de 9 rociadores con la mayor demanda hidráulica, considerando a 2 ramales de 5 y 4 rociadores respectivamente, y además 4 rociadores de estanterías, tal como se muestra en la figura 5
 De la Figura 6, se observa que para el riesgo extra 1, el valor de la densidad 12.2 lt/min/m²
 $Q_{\text{rociador}} = \text{Densidad} * A_{\text{cobertura}} = 12,2 * 10,29 = 33,12\text{gpm.}$

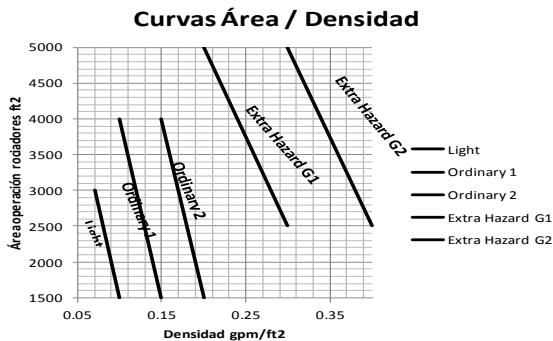


Figura 6. Curvas área / densidad

De la tabla 1 y 5 vemos que nuestro rociador tendrá, un diámetro orificio 1/2" (13mm), k=80.6, rosca NPT 1/2", Q=125,56 lt/min, P=2,47 kg/cm² y θ=120°.

Para hallar el caudal necesario en el área de diseño, se multiplica el caudal de cada rociador por los 9 rociadores que existen en el área diseño.

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{roci}} * (\# \text{ rociad}) = (33,13) * (9) = 298,17 \text{ gpm}$$

Tabla 5. Presión y caudal rociadores 1/2 k=80,6

PRESION		CAUDAL		PRESION		CAUDAL	
Psi	Kg/cm ²	Gpm	L/min	Psi	Kg/cm ²	Gpm	L/min
1	0.07	5.60	21.22	21	1.48	25.66	97.26
3	0.21	9.70	36.76	23	1.62	26.86	101.79
5	0.35	12.52	47.46	25	1.76	28.00	106.12
7	0.49	14.82	56.15	27	1.90	29.10	110.28
9	0.63	16.80	63.67	29	2.04	30.16	114.29
11	0.78	18.57	70.39	31	2.19	31.18	118.17
13	0.92	20.19	76.52	33	2.33	32.17	121.92
15	1.06	21.69	82.20	35	2.47	33.13	125.56
17	1.20	23.09	87.51	37	2.61	34.06	129.10
19	1.34	24.41	92.51	39	2.75	34.97	132.54

Gabinetes de mangueras

Se instalarán 2 gabinetes de clase III, como se ve en la figura 7., el cual consta de una manguera de lino 1 1/2" de diámetro y de longitud 30 metros y tiene conexiones por medio de una válvula de ángulo de 1 1/2" para presión de 250psi, para uso de la brigada contra incendios de la empresa y otra conexión de 2 1/2" para uso exclusivo del cuerpo de bomberos, Además contarán con un extintor de 10lbs de polvo químico seco ABC, un hacha de tipo bombero, de 2 3/4 libras de peso y mango de 36" de longitud, una llave tensora spanner para conexión de 1 1/2".



Figura 7. Gabinete de mangueras clase III.

Los gabinetes estarán ubicados en la fachada frontal, con una separación de 30m y a una altura máxima de 1.50 m desde el piso hasta la válvula angular de 1 1/2".

Tabla 6. Demanda de mangueras y duración

	Mangueras interiores	Total combinado de mangueras int y ext	Tiempo Duración
Clasificación Ocupación	gpm	gpm	min
Riesgo Leve	0 - 50 - 100	100	30
Riesgo Ordinario	0 - 50 - 100	250	60 - 90
Riesgo Extra	0 - 50 - 100	500	90 - 120

Solo se colocaran 2 cajetines, entonces usaremos el mayor flujo de la tabla 6 es decir 100gpm por c/u.

Entonces el flujo necesario será:

$$Q = 398\text{gpm} + 200\text{gpm} = 598\text{gpm.}$$

Conexión Siamesa

En la fachada principal de la planta, se colocara una toma Siamesa para uso exclusivo del cuerpo de Bomberos que permitirá alimentar los cajetines cuando haya un incendio.

Tendrá dos entradas, hechas en bronce de 2 1/2" x 2 1/2" con sus tapones y cadenas correspondientes, salida inferior en ángulo de 90° para conexión a la línea de 4", placa exterior integrada al cuerpo de la pieza. Se debe poner una válvula de control y de retención.



Figura 8. Conexión siamesa típica.

Tuberías

En la red de tuberías se usaran materiales como la fundición dúctil y el acero protegido contra la corrosión como el acero galvanizado pero debido a su alto costo mejor usaremos la tubería de acero normal sin costura, comercialmente conocida como ASTM A53 cedula 40, debido a su alta resistencia mecánica, ya que tienen una presión de ruptura de 3000psi y en los sistemas contra incendios se manejan presiones alrededor de los 100psi, de esta forma nos aseguramos un factor de seguridad muy alto.

Las tuberías serán sometidas a una prueba de hidrostático a 250 psi de presión, por 4 horas mínimo, donde no debe existir indicio de filtración.

Tabla 7. Flujo en las tubería para una v=3 m/s

Tubería (pulg)	Flujo (gpm)	Flujo (lt/min)
4	390	1476
6	880	3331
8	1560	5905

De la tabla 7 vemos que la tubería de 6 y 4 pulgadas respectivamente nos sirve para soportar los 661gpm que alimentan al sistema completo y los 461 gpm que abastecen únicamente al sistema de rociadores.

Accesorios de tuberías

En el caso de tuberías con diámetros mayores a 2", se utilizara el sistema de uniones Vitalic con tuberías ranuradas y para tuberías con diámetros menores e iguales a 2", las uniones serán roscadas.

Las roscas en los tubos serán cónicas y de longitud exacta para los accesorios roscados.



Figura 9. Unión Vitalic.

Soportes de tuberías

Para tuberías aéreas se usaran soportes metálicos de 1"x1/8" sujetas con varillas de 1/2" empernadas a la estructura metálica, con una separación máx de 2 m.

Las tuberías verticales deben fijarse en la estructura cada 2,5 m por medio de abrazaderas metálicos tipo U con diámetro d=1/4", aseguradas a un ángulo metálico de 2"x1/4", el cual será anclado con pernos a la pared.

Según NFPA 13 2-6, los soportes serán diseñados para soportar 5 veces el peso de la tubería llena de agua más 250 lb en cada punto de soporte.

Tabla 8. Distancia máxima entre soportes.

Diámetro nom tubería pulg	Máxima distancia entre soportes (ft)								
	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6
Tubo acero	N/A	12	12	15	15	15	15	15	15
Tubo acero roscado	N/A	12	12	12	12	12	12	N/A	N/A
Tubería Cobre	8	8	8	12	12	12	15	15	15

Tabla 9. Diámetro de varillas de los soportes

Diámetro tubería pulg	Diámetro de varillas de soportes	
	pulg	mm
≤ 4"	3/8	9.5
5" - 6" - 8"	1/2	12.7
10" - 12"	5/8	15.9



Figura 10. Soporte tubería tipo Clevis

Según NFPA 13 4-14.2.1.2, cuando se instalen tuberías para rociadores en estanterías, estas deben soportarse de la estructura de la estantería.

Perdidas por fricción en tuberías

Las pérdidas por fricción se calculan con la formula de Hazen-Williams.

$$\Delta P = (605000 * Q^{1.85}) / (C^{1.85} d^{4.87}); \text{ donde:}$$

P = resistencia por fricción (kg/cm² / m_{tubería}).

Q= flujo (lt/min)

d=diámetro interior real tubería (mm).

C= coeficiente de perdida por fricción = 120

Tabla 10. Longitudes equiv de tubería ced 40

Accesorios y Valvulas (en pulgadas)	Accesorios y Valvulas en pies equiv de tubería							
	1/2"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"
Codo a 45°	1	2	2	3	3	4	7	14
Codo standard a 90°	1	2	4	5	6	7	10	17
Codo largo a 90°	0.5	2	2	3	4	5	6	9
Te o cruz (giro flujo de 90°)	3	5	8	10	12	15	20	30
Valvula mariposa				6	7	10	12	10
Valvula cortina				1	1	1	2	3
Valvula retencion tipo charnela		5	9	11	14	16	22	32

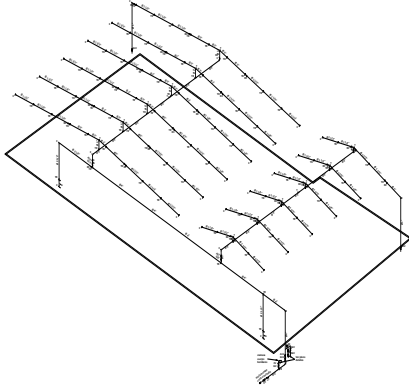


Figura 11. Isométrico tuberías rociadores de techo

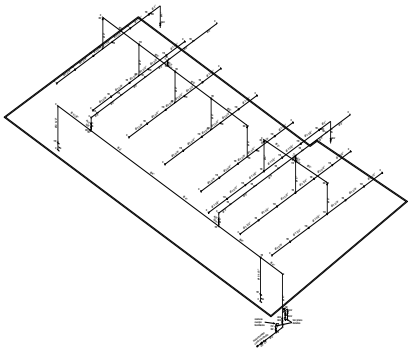


Figura 12. Isométrico tuberías rociadores de estanterías

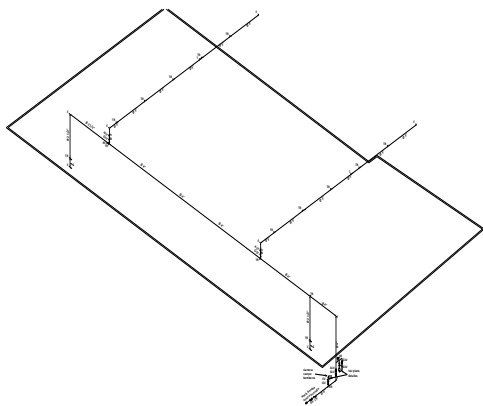


Figura 13. Isométrico tuberías de gabinetes

El resumen de los cálculos hidráulicos se muestra en la tabla 11 y 12.

Tabla 11. Resumen cálculos hidráulicos rociadores de techo y estanterías

Longitud	4	Densidad	12.2	lt/min/m ²	Sup	555	m ²	Tipi/p-Right	K	80.6	
Longitud	3	Area cobe	10.29	m ²	Area	89	m ²	No.	9	C	120
Boquilla			Diámetro interior	Elementos tubería	Longitud tubería equivalente	Perdida x fricción	Presión requerida	Presión normal	Velocid		
Tipo y Ubicación		Flujo Lt/min	mm	m	m	kg/cm ² /m	kg/cm ²	kg/cm ²	m/s		
RT1-RT2	q	0	40.94	1E-1.2	L _{tramo} 2.8 L _{eq} 1.2 L _{total} 4		Pt 2.424 Pe Pf 0.037			1.589	
	Q	125.48									
RT2-RT3	q	126.44	40.94	1T-0.45	L _{tramo} 2.8 L _{eq} 0.45 L _{total} 3.25	0.0336	Pt 2.461 Pe Pf 0.109		3.189		
	Q	251.92									
RT3-RT4	q	129.21	40.94	1T-0.45 1R-0.5	L _{tramo} 2.8 L _{eq} 0.95 L _{total} 3.75	0.0723	Pt 2.570 Pe Pf 0.271		4.825		
	Q	381.14									
RT4-RT5	q	135.86	52.48	1T-0.6	L _{tramo} 2.8 L _{eq} 0.6 L _{total} 3.4	0.0379	Pt 2.841 Pe Pf 0.129		3.983		
	Q	517.00									
RT5-A	q	138.91	52.48	1T-0.6	L _{tramo} 1.4 L _{eq} 0.6 L _{total} 2	0.0589	Pt 2.970 Pe Pf 0.118		5.054		
	Q	655.90									
A-A1	q	0.00	52.48	1E-1.5 1R-0.61	L _{tramo} 1 L _{eq} 2.11 L _{total} 3.11	0.0589	Pt 3.088 Pe Pf 0.183		5.054		
	Q	655.90									
A1B1	q	0.00	77.92	1E-2.1	L _{tramo} 3.68 L _{eq} 2.1 L _{total} 5.78	0.0086	Pt 3.271 Pe Pf 0.050	3.321	2.292		
	Q	655.90									
RT11-RT12	q	0	40.94	1E-1.2	L _{tramo} 2.8 L _{eq} 1.2 L _{total} 4		Pt 2.424 Pe Pf 0.037		1.589		
	Q	125.48									
RT12-RT13	q	126.44	40.94	1T-0.45	L _{tramo} 2.8 L _{eq} 0.45 L _{total} 3.25	0.0336	Pt 2.461 Pe Pf 0.109		3.189		
	Q	251.92									
RT13-RT14	q	129.21	40.94	1T-0.45 1R-0.5	L _{tramo} 2.8 L _{eq} 0.95 L _{total} 3.75	0.0723	Pt 2.570 Pe Pf 0.271		4.825		
	Q	381.14									
RT14-B	q	135.86	52.48	1T-0.6	L _{tramo} 4.2 L _{eq} 0.6 L _{total} 4.8	0.0379	Pt 2.841 Pe Pf 0.182		3.983		
	Q	517.00									
B-B1	q	0	52.48	1E-1.5 1R-0.61	L _{tramo} 1 L _{eq} 2.11 L _{total} 3.11	0.0379	Pt 3.023 Pe Pf 0.118		3.983		
	Q	517.00									
B1C	q	0	77.92	1T-0.9	L _{tramo} 3.95 L _{eq} 0.9 L _{total} 4.85	0.0258	Pt 3.141 Pe Pf 0.125	3.446	4.15		
	Q	1187.48									
RE1-RE2	q	0	40.94	1E-1.2	L _{tramo} 2.83 L _{eq} 1.2 L _{total} 4.03	0.0093	Pt 2.424 Pe Pf 0.037		1.589		
	Q	125.48									
RE2-D	q	126.45	40.94	1T-0.45 1R-0.5	L _{tramo} 4.25 L _{eq} 0.95 L _{total} 5.2	0.0336	Pt 2.461 Pe Pf 0.175		3.19		
	Q	251.93									
D-D1	q	0	52.48	1E-1.5 1R-0.61	L _{tramo} 3.19 L _{eq} 2.11 L _{total} 5.3	0.0100	Pt 2.636 Pe Pf 0.053		1.941		
	Q	251.93									
D1-E1	q	0	77.92	1E-2.1	L _{tramo} 5.54 L _{eq} 2.1 L _{total} 7.64	0.0015	Pt 2.689 Pe Pf 0.011	2.700	0.88		
	Q	251.93									
RE7-RE8	q	0	40.94	1E-1.2	L _{tramo} 2.83 L _{eq} 1.2 L _{total} 4.03	0.0093	Pt 2.424 Pe Pf 0.037		1.589		
	Q	125.48									
RE8-E	q	126.45	40.94	1T-0.45 1R-0.5	L _{tramo} 4.25 L _{eq} 0.95 L _{total} 5.2	0.0336	Pt 2.461 Pe Pf 0.175		3.19		
	Q	251.93									
E-E1	q	0	52.48	1E-1.5 1R-0.61	L _{tramo} 3.19 L _{eq} 2.11 L _{total} 5.3	0.0100	Pt 2.636 Pe Pf 0.053		1.941		
	Q	251.93									
E1-F	q	0	77.92	1T-0.9	L _{tramo} 5.54 L _{eq} 0.9 L _{total} 6.44	0.0053	Pt 2.689 Pe Pf 0.03		1.763		
	Q	504.4									
F-C	q	0	77.92	1E-2.1 1ALV-4 1GV-0.3	L _{tramo} 0.6 L _{eq} 6.4 L _{total} 7	0.0053	Pt 2.734 Pe Pf 0.037		1.763		
	Q	504.4									
C-G	q	0	77.92	1E-2.1 1T-0.9 1R-0.87 1ALV-4 1GV-0.3	L _{tramo} 13.4 L _{eq} 8.17 L _{total} 21.5	0.0528	Pt 2.771 Pe Pf 1.136		6.116		
	Q	1749.88									
G-H	q	0	102.3	2E-6 1R-1.15 1ALV-6 1GV-0.6	L _{tramo} 34.5 L _{eq} 13.8 L _{total} 48.2	0.0140	Pt 4.582 Pe Pf 0.677		3.551		
	Q	1749.88									
H-I	q	0	154.1	1E-4.2 1T-1.8 1CV-10.4 1GV-0.9	L _{tramo} 59.4 L _{eq} 17.3 L _{total} 76.7	0.0019	Pt 5.259 Pe Pf 0.146		1.564		
	Q	1749.88									
							Pt 5.406				
							Pe				
							Pt 6.143				

Tabla 12. Resumen cálculos hidráulicos gabinetes

Boquilla Tipo y ubicación	Flujo Lt/min	Diámetro	Accesorios	Longitud	Perdidas fricción kg/cm2/m	Presión requerida kg/cm2	Presión normal kg/cm2	Velocidad m/s
		interior tubería mm	Elementos tubería m	equivalente tubería m				
A-B	q	380	62.68		L _{ramo} 0.32 L _{req} L _{total} 0.32	Pt 4.570 Pe Pf 0.003		
	Q	380.00			0.0090			2.05
B-C	q	0.00	62.68	1E-1.8	L _{ramo} 4.53 L _{req} 1.8 L _{total} 6.33	Pt 4.573 Pe Pf 0.057		
	Q	380.00			0.0090			2.05
C-D	q	0.00	62.68	1E-1.8 1R-0.74	L _{ramo} 5.11 L _{req} 2.54 L _{total} 7.65	Pt 4.630 Pe Pf 0.069		
	Q	380.00			0.0090			2.05
D-E	q	0.00	102.26		L _{ramo} 26.1 L _{req} L _{total} 26.1	Pt 4.699 Pe Pf 0.022	4.721	0.77
	Q	380.00						
A1-B1	q	380.00	62.68		L _{ramo} 0.32 L _{req} L _{total} 0.32	Pt 4.570 Pe Pf 0.003		
	Q	380.00			0.0090			2.05
B1-E	q	0.00	62.68	1E-1.8 1R-0.74	L _{ramo} 4.53 L _{req} 2.54 L _{total} 7.07	Pt 4.573 Pe Pf 0.064		
	Q	380.00			0.0090			2.05
E-F	q	763.33	102.26	1T-1.2	L _{ramo} 3.38 L _{req} 1.2 L _{total} 4.58	Pt 4.721 Pe Pf 0.014		1.55
	Q	763.33			0.0030			
F-G	q	0	102.26	1E-3 1R-1.15 1ALV-6 1GV-0.6	L _{ramo} 4.82 L _{req} 10.8 L _{total} 15.6	Pt 4.735 Pe Pf 0.047		
	Q	763.33			0.0030			1.55
G-H	q	0.00	154.08	1E-4.2 1T-1.8 1CV-10.4 1GV-0.9	L _{ramo} 59.4 L _{req} 17.3 L _{total} 76.7	Pt 4.782 Pe Pf 0.032		
	Q	763.33			0.0004			0.68
						Pt 4.813 Pe 0.47 Pf 5.286		

Las formulas utilizadas en cada tramo fueron:

$$Q = k * \sqrt{P}; \quad Q_2 = Q_1 * (\sqrt{P_2 / P_1})$$

$$\Delta P = (605000 * Q^{1.85}) / (C^{1.85} * d^{4.87})$$

$$P_t = P_f + \text{perdidas}; \quad P_e = h / 10.192$$

Selección del sistema de bombeo

Potencia motor

Potencia = P = H_B * Q * ρ * g; donde:
 H_B = Altura dinámica (m)
 Q = Caudal (m³/s)
 P = (61,43) * (0,042) * (1000) * (9,8) = 25225 W
 P_{real} = P_{teórica} / eficiencia = 25225 / 0,85 = 29676 W

Selección de la bomba

Usaremos una bomba de tipo centrífuga, con carcasa dividida horizontalmente. Esta deberá seleccionarse para funcionar al 150% de la capacidad nominal y deberá tener una de las capacidades nominales de la tabla 13

Tabla 13. Capacidades de bombas centrifugas

GPM	Lt/min	GPM	Lt/min
25	95	1000	3785
50	189	1250	4731
100	379	1500	5677
150	568	2000	7570
200	757	2500	9462
250	946	3000	11355
300	1136	3500	13247
400	1514	4000	15140
450	1703	4500	17032
500	1892	5000	18925
750	2839		

La tabla 14, tomada del catalogo de un proveedor local, nos detalla los caudales y presiones que manejan las bombas centrifuga de carcasa dividida horizontal.

Tabla 14. Valores de bomba de carcasa divida horizontalmente

CAPACIDAD NOMINAL gpm	IMPULSION NOMINAL psi
250	40 - 167
500	40 - 278
750	40 - 266
1000	40 - 244
1250	43 - 236
1500	40 - 228
2000	53 - 210

De la tabla 14 vemos que nuestra bomba será una que tenga un caudal de 750gpm.

Mientras que en la tabla 15 vemos que nuestra bomba se maneja en un rango de presión 40 – 266 psi.

La bomba que utilizaremos será una marca Fairbanks Morse modelo 6"-1922AF, tipo carcasa partida, listada por UL y aprobada por FM.

El equipo está considerado para una capacidad de 750gpm y un rango presión de 80 - 175 psi.

Bomba Jockey

La bomba Jockey se utilizan para mantener la presión del sistema evitando que trabajen las bombas principales para reponer las pequeñas fugas.

Su capacidad variara entre el 1% y el 5% con respecto a la capacidad de la bomba principal, por lo tanto el caudal de la bomba Jockey será de 252 lt/min.

La presión de la bomba Jockey será 10 psi más que la de la bomba principal por lo tanto la será 98 psi

Dimensiones del tanque alimentación

Según NFPA13, 5-3, la duración del suministro de agua, no debe ser menor de 60 min.

El volumen que se necesita para que funcionen los rociadores y gabinetes será, 106 y 46 m³ respectivamente por lo tanto el tanque tendrá un volumen de 152 m³.

Si el tanque tendrá una altura 7.5m, nos da un volumen de 193.4m³, el cual es suficiente para alimentar el anterior y nuevo sistema contra incendio.

La norma API 650 dice que el espesor mínimo del piso debe ser 6mm.

Para calcular el espesor de las paredes usamos: e = (2.6 (D) (H-1) (G) / (E) (21000)) + C.A; donde:

e= espesor mínimo requerido (pulg).

D= diámetro medio del tanque (ft).

H= altura tanque (ft).

G= densidad relativa del liquido a almacenar.

E= eficiencia de la junta, 0.85.

C.A.= margen por corrosión = 0.125pulg.

$$e = 2.6 (18.8) (24.61-1) (1) + 0,125 = 0,19 \text{ pulg} = 5 \text{ mm} (0,85) (21000)$$

Para calcular el espesor del techo, uso la formula

$$e = D / 400 (\text{sen}\theta); \text{ donde:}$$

θ = ángulo inclinación del techo (rad).

El techo tendrá una inclinación de 11°.
 $e = 18,8 / (400 \text{ sen } (0,19)) = 0,25 \text{ pulg} = 6 \text{ mm}$.
 El ángulo que soportara el techo se calcula con:
 $A = D^2 / (3000 \text{ sen} \theta) = (18,8)^2 / (3000 \text{ sen } (0,19)) =$
 $A = 0,62 \text{ pulg}^2$, uso un L50x5mm, con área de 4,75cm²

5. Mantenimiento del Sistema

Actividades a cumplir para un buen mantenimiento

Tabla 15. Grupo de Bombeo

Item	Actividad	Frecuencia
Caseta de bombas	Inspección	Semanal
Rejilla de ventilación de calefacción	Inspección	Semanal
Sistema de bombas de incendio	Inspección	Semanal
Operación de la bomba sin flujo	Prueba	Semanal
Operación de la bomba con flujo	Prueba	Anual
Hidráulico	Mantenimiento	Anual
Transmisión mecánica	Mantenimiento	Anual
Sistema eléctrico	Mantenimiento	Variable
Regulador, diferentes componentes	Mantenimiento	Variable
Motor	Mantenimiento	Anual
Sistema maquina diesel, diferentes componentes	Mantenimiento	Variable

Tabla 16. Red Distribución

Item	Actividad	Frecuencia
Casetas de mangueras	Inspección	Trimestral
Hidrantes (cilindro seco y de pared)	Inspección	Anual
Boquillas monitoras	Inspección	Semestral
Hidrantes (cilindro húmedo)	Inspección	Anual
Filtros en tubería principal	Inspección	Anual
Tuberías (expuestas)	Inspección	Semestral
Tuberías (subterráneas)	Inspección	Anual
Boquillas monitoras	Prueba	Anual
Hidrantes	Prueba	Anual
Tubería (expuestas y subterráneas)	Prueba de flujo	5 años
Filtros en tubería principal	Mantenimiento	Anual
Casetas de mangueras	Mantenimiento	Anual
Hidrantes	Mantenimiento	Anual
Boquillas monitoras	Mantenimiento	Anual

Tabla 17. Sistema de columna y mangueras

Item	Actividad	Frecuencia
Válvulas de control	Inspección	Semanal / Mensual
Dispositivos de control de presión	Inspección	Trimestral
Tuberías	Inspección	Trimestral
Conexiones de mangueras	Inspección	Trimestral
Gabinetes	Inspección	Anual
Mangueras	Inspección	Anual
Dispositivos de almacenamiento de mangueras	Inspección	Anual
Dispositivos de alarma	Prueba	Trimestral
Boquilla de manguera	Prueba	Anual
Dispositivos de almacenamiento de mangueras	Prueba	Anual
Mangueras	Prueba	5 años / 3 años
Válvula de control de presión	Prueba	5 años
Válvula reductora de presión	Prueba	5 años
Prueba hidrostática	Prueba	5 años
Prueba de flujo	Prueba	5 años
Prueba de desagüe principal	Prueba	Anual
Conexiones de mangueras	Mantenimiento	Anual
Válvulas (todos los tipos)	Mantenimiento	Anual

Tabla 18. Sistema de Rociadores

Item	Actividad	Frecuencia
Indicadores (secos, preacción, inundación)	Inspección	Semanal / Mensual
Válvulas de control	Inspección	Semanal / Mensual
Dispositivos de alarma	Inspección	Trimestral
Indicadores (sist. de tubería húmeda)	Inspección	Mensual
Rotulo hidráulico	Inspección	Trimestral
Edificios	Inspección	Anual
Abrazaderas / soportes sísmicos	Inspección	Anual
Tubos y conexiones	Inspección	Anual
Rociadores	Inspección	Anual
Rociadores de repuesto	Inspección	Anual
Conexiones de cuerpo de bomberos	Inspección	Trimestral
Válvulas (todos los tipos)	Inspección	Mensual
Dispositivos de alarma	Prueba	Trimestral / Semestral
Desagüe principal	Prueba	Anual
Solución anticongelante	Prueba	Anual
Manómetros	Prueba	5 años
Rociadores - temperatura extra alta	Prueba	5 años
Rociadores - respuesta rápida	Prueba	c / 10 años
Rociadores	Prueba	c / 10 años
Válvulas (todos los tipos)	Mantenimiento	Anual
Investigación de obstrucciones	Mantenimiento	5 años
Drenaje de punto bajo (sist. tubería seca)	Mantenimiento	Anual

Tabla 19. Tanque abastecimiento

Item	Actividad	Frecuencia
Estado del agua en el tanque	Inspección	Mensual / Trimestral
Temperatura del agua	Inspección	Diaria / Semanal
Sistema de calefacción	Inspección	Diaria / Semanal
Válvulas de control	Inspección	Semanal / Trimestral
Agua - nivel	Inspección	Mensual / Trimestral
Presión de aire	Inspección	Mensual / Trimestral
Exterior del tanque	Inspección	Trimestral
Estructura de soporte	Inspección	Trimestral
Pasarelas y escaleras	Inspección	Trimestral
Área circundante	Inspección	Trimestral
Aros y enrejados	Inspección	Anual
Superficies pintadas y revestidas	Inspección	Anual
Juntas de expansión	Inspección	Anual
Interior	Inspección	5 años / 3 años
Válvulas de retención	Inspección	5 años / 3 años
Alarmas de temperatura	Prueba	Mensual
Interruptores de límite de alta temp.	Prueba	Mensual
Alarmas de nivel de agua	Prueba	Semestral
Indicadores de nivel	Prueba	5 años
Indicadores de presión	Prueba	5 años
Nivel de agua	Mantenimiento	Trimestral
Desagüe del sedimento	Mantenimiento	Semestral
Válvulas controladoras	Mantenimiento	Anual
Válvulas retención	Mantenimiento	Trimestral

6. Costos

Los valores de los rubros necesarios para instalar un sistema contra incendio se los muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Costos del sistema contra incendio

Rubro	Unidad	Cant	Precio unit	Precio Total
Grupo Bombeo y Tanque alimentación	global	1.00	\$22,785.00	\$22,785.00
Red distribución	global	1.00	\$32,371.00	\$32,371.00
Instalaciones electricos	global	1.00	\$8,446.00	\$8,446.00
Sistema detección	global	1.00	\$3,050.00	\$3,050.00
Subtotal				\$66,652.00
IVA				\$7,998.24
Total				\$74,650.24

7. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La existencia y utilización de las normas de la NFPA, son la mejor herramienta al momento de diseñar, construir e instalar un sistema contra incendios, ya que nos permite tener consideraciones técnicas para diferentes situaciones que se puedan presentar.

Otra herramienta fundamental que se debe tomar en cuenta son la variedad de métodos de evaluación de riesgo que existen y que nos son útiles, cuando queramos saber si las consideraciones hechas para la selección del método de extinción de incendio, fueron suficientes.

Al momento de diseñar el sistema contra incendio, las normas de la NFPA son muy conservadoras, esto por esto que si lo hacemos siguiendo las recomendaciones que nos da la norma, tendremos un buen margen de seguridad en nuestro sistema.

Los altos costos del equipo de bombeo, motor a diesel, tanque de almacenamiento, hacen que instalar un sistema contra incendio en una planta, sea una inversión muy alta, que no todos los empresarios

quieren hacer y en ocasiones esperan a que ocurra un siniestro de grandes proporciones para iniciarla.

Recomendaciones

Debido al crecimiento no planificado, se ha incrementado la tubería del sistema sin hacer un estudio base para ello, por lo que se debe hacer un rediseño general del sistema contra incendio actual.

Existen partes de la fabrica que aun no tienen protección contra incendios por lo tanto es recomendable que inmediatamente se instalen sistemas de protección contra incendio en dichas áreas.

No tener restricciones técnicas y económicas al momento de contratar la instalación de un sistema contra incendios, ya que al momento de un siniestro esto se verá reflejado en las perdidas.

Es necesario tomar conciencia de la importancia que tiene un sistema contra incendio en la vida de una fábrica, por ende debemos evitar aprobar de manera fraudulenta las inspecciones que el cuerpo de bomberos realiza anualmente.

Se debe capacitar a los empleados de la empresa para formar verdaderas brigadas contra incendio, ya que estas pueden ayudar a disminuir las perdidas ya sean estas económicas o vidas humanas.

8. Bibliografía

1. Manual de protección contra incendios, Editorial MAPFRE, 1era Reedición, Septiembre, 1980.
2. Manual de Recipientes a Presión, Editorial Grupo Noriega, Edición 1999.
3. Norma API 650, Welded Tanks for Oil Storage, Edición 2009.
NFPA 10, Norma para extintores portátiles contra incendios. Edición 2007.
4. NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistema de Rociadores, Edición 2007.
NFPA 14, Norma para la Instalación de Tubería Vertical y de Mangueras, Edición 2007.
5. NFPA 20, Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias contra Incendios, Edición 2007.
6. NFPA 25, Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios, Edic. 2002.
7. NFPA 101, Código de Seguridad Humana, Edic. 2000.