



Facultad de Ingeniería

**DESARROLLO DE UNA GUIA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRAULICO
DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS.**

MARCIAL ALEXANDER RODRIGUEZ MUÑOZ

Proyecto de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Mecánico.

Director del proyecto:
Ingeniero Hugo Cenén Hoyos Escobar Ms. C

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO DE CALI
2019

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN.....	7
1. OBJETIVOS.....	9
1.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
2. DESARROLLO DEL PROYECTO	10
2.1 NORMATIVIDAD	11
2.1.1 Normas Europeas.....	11
2.1.2 Normas NFPA.....	12
2.1.3 Normas Colombianas.	13
2.1.3.1 Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.	13
2.1.3.2 Normas NTC.....	15
2.1.3.3 Acuerdo 20 de 1995 del Concejo Distrital de Bogotá.	16
2.2 ROCIADORES AUTOMÁTICOS	17
2.3 SISTEMAS DE ROCIADORES.....	24
2.3.1 Sistema de tubería húmeda.....	24
2.3.2 Sistemas de tubería seca.	24
2.3.3 Sistemas tipo diluvio	25
2.3.4 Sistemas de pre acción.....	25
2.4 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE OCUPACION	25
2.5 ENFOQUES DE DISEÑO	26
2.5.1 Enfoque de control de incendio por riesgo de ocupación.	26
2.5.1.1 Método de diseño por tablas.	26
2.5.1.2 Método de cálculos hidráulicos.....	29
2.5.1.3 Enfoques especiales de diseño.	37
2.5.2 Requerimientos Generales para Almacenamiento.	38
2.5.2.1 Clasificación de mercancías.	39
2.5.2.2 Tipos de almacenamiento.....	46

2.5.2.3	Altura del almacenamiento y de las construcciones.	46
2.6	ELEMENTOS DEL SISTEMA	46
2.6.1	Fuente de Abastecimiento de Agua.	47
2.6.2	Tuberías o red de distribución.	49
2.6.3	Rociadores Automáticos.	51
2.6.4	Otros componentes del sistema.	51
2.6.4.1	Válvula de control.	51
2.6.4.2	Válvula de alarma.	52
2.6.4.3	Sistema de drenaje.....	52
2.6.4.4	Conexiones de mangueras o hidrantes.	52
2.7	EJEMPLO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	52
3.	CONCLUSIONES	65
	BIBLIOGRAFIA.....	66
	ANEXOS.....	70

INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Normas Europeas.	12
Tabla 2. Normas NFPA para diseño de sistemas hidráulicos contra incendios.	13
Tabla 3. Grupos y subgrupos de ocupación.	15
Tabla 4. Clasificación de temperatura y códigos de colores.	19
Tabla 5. Área de protección y máximo espaciamiento para rociadores CMSA	21
Tabla 6. Tabla de tuberías para riesgo leve.....	27
Tabla 7. Requisitos abastecimiento de agua.	29
Tabla 8. Dimensiones de tubería para Acero Cédula 40.	30
Tabla 9. Valores para el coeficiente de pérdidas por fricción.....	31
Tabla 10. Longitud equivalente para tubería de acero cédula 40.	32
Tabla 11. Caudal para mangueras y duración del abastecimiento.	33
Tabla 12. Condiciones de área y distancia máximas. Riesgo Ordinario	54

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Decisión inicial.	10
Figura 2. Componentes de un rociador estándar.....	18
Figura 3. Secuencia de activación de un rociador.	18
Figura 4. Esquema general de un sistema contra incendios	20
Figura 5. Sistema en tubería de acero, riesgo leve.....	28
Figura 6. Curvas Densidad/Área.....	33
Figura 7. Habitación típica y área de diseño.....	35
Figura 8. Mercancías que contienen una mezcla de plástico Expandido y No Expandido de grupo A, en cajas de cartón o contenedores de madera.....	41
Figura 9. Mercancías Expuestas que contienen una mezcla de plástico Expandido y No Expandido de grupo A	41
Figura 10. Clasificación de mercancías	45
Figura 11. Árbol de decisión en la protección de mercancías plásticas.....	45
Figura 12. Diagrama de un sistema de rociadores típico y completo.....	47
Figura 13. Diagrama de conexión de la bomba <i>jockey</i>	49
Figura 14. Esquema simplificado de la tubería de un sistema de rociadores.	50
Figura 15. Área de diseño.....	56

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo orientar a quienes deseen iniciar en el conocimiento de los sistemas de protección contra incendios. Se busca que el lector conozca las bases para llevar a cabo el diseño de un sistema de rociadores automáticos, dándole a conocer las normas que se deben utilizar dentro del territorio colombiano e introduciéndolo en los conceptos básicos de diseño.

Se hace la descripción de un rociador automático, su clasificación, sus características y su método de activación. Se definen los diferentes tipos de sistemas de protección contra incendio a base de agua. Posteriormente se muestra la clasificación del riesgo de las ocupaciones y el enfoque de diseño en función de éstas.

Se dedica una sección a la protección de almacenamiento de mercancías, la cual tiene métodos de diseño y de selección, diferentes a la protección de ocupaciones generales y en la que tiene que ver el tipo de mercancía, la disposición de éstas y la altura a la que están almacenadas.

Se hace una descripción de los elementos generales de los sistemas de protección contra incendios a base de agua y finalmente se realiza un ejemplo o metodología paso a paso para desarrollar los cálculos hidráulicos con los que se obtienen los requisitos de presión y caudal para el sistema.

Palabras clave: Sistema de protección contra incendios, rociadores automáticos, Normas de protección contra incendios, clasificación de las ocupaciones, almacenamiento de mercancías.

INTRODUCCIÓN.

La importancia de un sistema contra incendios radica en dos aspectos principales: la protección de vidas humanas y la protección de la propiedad.

La información relacionada con el diseño de un sistema de protección contra incendios es bastante amplia y generalmente se encuentra muy dispersa. Se encuentran documentos como proyectos de grado que en primer lugar resuelven una situación muy específica y en segundo lugar no muestran un detalle de cómo realizar los cálculos hidráulicos del sistema.

El proyecto de maestría de Ruiz Téllez¹ realiza una revisión bibliográfica de las normas de protección contra incendios, muestra especificaciones técnicas de materiales, y concluye diciendo que en Colombia hay amplia normatividad pero no un criterio unificado para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de dichos sistemas de protección.

Blanco Duarte y MARTÍNEZ JAMAICA², desarrollan un proyecto de grado con un contenido similar, analizando de igual forma la normatividad y tratando de guiar al lector sobre cómo realizar el diseño de un sistema de protección contra incendios.

De otro lado, si bien es cierto que existen estándares internacionales muy reconocidos e importantes, como es de esperarse están diseñados para una persona que tenga experiencia en el área. Por tal razón siempre será necesario un documento que aborde los temas desde un punto de vista más pedagógico, que introduzca conceptos de una manera sencilla y práctica.

El presente proyecto intenta entregar esa “ayuda” para quienes se están iniciando en el tema, comenzando por describir qué es y cómo funciona un rociador automático, los tipos de sistemas de protección con rociadores, pasando por enfoques y métodos de diseño, describiendo los componentes básicos de un sistema de rociadores automáticos y finalizando con un ejemplo de cómo realizar los cálculos hidráulicos para definir los requerimientos de presión y caudal del sistema.

¹ RUIZ TELLEZ, Oscar Javier. Sistemas hidráulicos de protección contra incendios, Diseño, construcción, operación y mantenimiento. Trabajo de grado magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente. Bogotá D.C. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 2016. 154 p.

² BLANCO DUARTE, Miguel Ángel y MARTÍNEZ JAMAICA, Jeyson Fernando. Guía Para El Diseño De Sistemas De Protección Contra Incendios, Enfocada En Redes Internas De Edificaciones. Trabajo de grado ingeniero civil. Bogotá D.C. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa De ingeniería Civil. 2016. 80 p.

Para la realización de este proyecto se hizo revisión bibliográfica tanto de algunos proyectos de grado como de las normas nacionales e internacionales, para sintetizar lo más importante de éstas y concluir cuáles se debe aplicar en Colombia para el diseño de un sistema de protección contra incendios a base de agua y que utilice rociadores automáticos.

Aunque existen muchos tipos de protección contra incendios, en este proyecto se tratan sólo los sistemas hidráulicos con rociadores automáticos, pues lo amplio del tema hace que sea imposible cubrir todos los casos en un proyecto de pregrado. Se quedan por fuera, los Sistemas de espuma de baja expansión (tratados en la norma NFPA 11), Sistema de dióxido de carbono (NFPA 12), Sistemas de extinción de químico seco (NFPA 17), Sistemas de niebla de agua (NFPA 750), Sistemas de extinción contra incendio de agente limpio (NFPA 2001), sólo por mencionar algunos.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una guía que facilite el diseño de un sistema hidráulico de protección contra incendios que utilice rociadores automáticos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1 Consolidar los diferentes estándares de las normas de la NFPA, así como las normas colombianas NSR-10, y NTC relacionadas con la protección contra incendios. Realizar una descripción de cada uno de los estándares mencionados.

1.2.2 Describir los principales componentes de un sistema hidráulico de protección contra incendios, basado en las normas.

1.2.3 Orientar sobre el proceso de selección de los elementos que componen el sistema de protección contra incendios.

1.2.4 Realizar un ejemplo de la selección de los elementos del sistema hidráulico de protección contra incendios, dando aplicación a la normatividad descrita.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Es importante aclarar que cuando se va a iniciar el diseño de un sistema de protección contra incendios, lo primero que se debe hacer es una clasificación de qué es lo que se quiere proteger. En ese sentido, en principio hay dos grandes clasificaciones: 1. Protección de almacenamiento de mercancías y 2. Protección de ocupaciones no relacionadas con almacenamiento de mercancías.

Si lo que se desea proteger son edificaciones destinadas al almacenamiento, el paso siguiente es la clasificación de las mercancías, la clasificación de cómo se hace ese almacenamiento y la altura de tanto del almacenamiento como de la edificación. Si por el contrario, la edificación a proteger no está destinada al almacenamiento de mercancías, se debe clasificar el riesgo de la ocupación. En esas situaciones se profundizará más adelante. En el siguiente esquema se ilustra la decisión inicial.



Fuente: Autor.

En el presente proyecto se inicia hablando de las ocupaciones no relacionadas con almacenamiento de mercancías y posteriormente se hablará de las aplicaciones de almacenamiento, para las cuales hay unos capítulos específicos en la norma NFPA 13, como se verá más adelante.

2.1 NORMATIVIDAD

A nivel mundial se han desarrollado normas que regulan la protección contra incendios siendo las normas norteamericanas y las europeas las más reconocidas.

2.1.1 Normas Europeas.

En Europa, el Comité Europeo de Normalización (CEN) es el ente encargado de emitir normas para 34 países (incluidos los 28 que componen la Unión Europea). A pesar de ello, de acuerdo con el siguiente texto, no hay un criterio unánime en la implementación de la seguridad contra incendios.

La normativa de obligado cumplimiento en materia de protección contra incendios es diferente en los distintos países miembros de la Unión Europea. En cuanto a algunas regulaciones muy básicas, como la Directiva de Productos de la Construcción, la Directiva de Seguridad y Salud Laboral, etc., existe un consenso entre los diferentes países miembros de la UE, pero en cuanto al nivel de implantación real de la seguridad contra incendios en los establecimientos industriales y comerciales no existen un criterio unánime.

El CEN (Comité Europeo de Estandarización) fue fundado en 1961, y es el encargado de emitir las normas de estandarización EN-UNE, que sólo son de obligado cumplimiento si las ratifica un reglamento dentro de cada país miembro. Estas normas abarcan diversos campos y lo que se pretende con ellas es promover el libre comercio, la seguridad de los trabajadores y de los consumidores, la protección medioambiental, la compatibilidad de redes y programas de investigación y desarrollo³.

En cuanto a la protección contra incendios y más concretamente en relación con los rociadores automáticos se pueden encontrar las siguientes normas europeas:

³ CEMBELLÍN, Beatriz Hernández. La protección contra incendios en la edificación en España y Europa [en línea]. Agosto de 2016. [Citado en 2019-07-06]. Disponible en internet: <URL: <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-937-la-proteccion-incendios-edificacion-espana-europa.aspx/>>

Tabla 1. Normas Europeas.

Norma	Título
EN 12845:2015	Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento
EN 12259-1:1999 + A1:2001	Protección contra incendios. Sistemas fijos de lucha contra incendios. Componentes para sistemas de rociadores y agua pulverizada. Parte 1: Rociadores automáticos

Fuente. Autor.

Pese a lo anterior y a la importancia de la normatividad europea, en Colombia se da aplicación a la normatividad de la National Fire Protection Association (NFPA).

“NFPA es una organización sin fines de lucro y es el líder mundial en el área de protección contra incendios, es utilizada como código o reglamento de aplicación obligatoria en muchos países del mundo. Las nuevas construcciones en el medio oriente la utilizan y cada vez más países en América Latina buscan la asesoría de la NFPA para implementar su reglamentación y así hemos convenido que esta asesoría no tendrá ningún costo para nuestros países”⁴.

2.1.2 Normas NFPA.

La National Fire Protection Association (NFPA) es una organización global sin ánimo de lucro, establecida en 1896, dedicada a la eliminación de muertes, lesiones, daños materiales y económicos debido a incendios, riesgos eléctricos y relacionados. Los miembros de la NFPA suman más de 75,000 individuos representando más de 100 países. Actualmente la NFPA ha establecido oficinas en Canadá, México, Francia y China, y un gran número de sus códigos y normas han sido traducidos a diferentes idiomas incluyendo castellano, francés, chino, japonés y árabe entre otras⁵.

⁴ MACIAS, Antonio. América Latina está adoptando las normas NFPA [en línea]. [Citado en 2019-07-25]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpajla.org/columnas/perspectiva-regional/1279-america-latina-esta-adoptando-las-normas-nfpa/>>

⁵ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA en Latino América [en línea]. [Citado en 2019-03-13]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpajla.org/nfpa-en-latinoamerica/nfpa-en-espanol/>>.

En relación con los sistemas hidráulicos de protección contra incendios, la NFPA ha desarrollado los siguientes estándares, que contienen los requisitos para garantizar un adecuado diseño, instalación, verificación y mantenimiento:

Tabla 2. Normas NFPA para diseño de sistemas hidráulicos contra incendios.

Tipo de Sistema	Norma
Sistemas de rociadores automáticos	NFPA 13
Sistemas de tubería vertical y mangueras	NFPA 14
Almacenamiento de agua	NFPA 22
Bombas contra incendio	NFPA 20
Sistemas de hidrantes	NFPA 24
Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios a base de Agua	NFPA 25

Fuente. Autor.

En el anexo A del presente proyecto se encuentra una breve descripción de cada una de estas normas de la NFPA.

2.1.3 Normas Colombianas.

2.1.3.1 Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, más conocido como la Norma Sismo Resistente, es un documento que define los requisitos técnicos y científicos de seguridad que deben cumplir las construcciones de edificaciones dentro del territorio colombiano. Fue creado por la ley 400 de 1997 y tiene dentro de sus principales objetivos, la reducción del riesgo de pérdida de vidas humanas.

Su primera versión fue la NSR-98 adoptado por el decreto No. 33 de 1998 del Ministerio de Desarrollo Económico.

En el año 2010 se publicó la segunda versión, la cual se encuentra vigente hasta la fecha, conocida como la NSR-10, establecida según decreto No. 926 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

La norma sismo resistente NSR-10 establece que:

El diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones en el territorio de la República de Colombia debe someterse a los criterios y requisitos mínimos que se establecen en las Normas Sismo Resistentes Colombianas, las cuales comprenden: (a) La Ley 400 de 1997, (b) La Ley 1229 de 2008, (c) El presente Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, NSR-10, y (d) Las resoluciones expedidas por la “Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes” del Gobierno Nacional, adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y creada por el artículo 39 de la Ley 400 de 1997⁶.

La norma NSR-10 está compuesta por once (11) títulos organizados temáticamente y designados con las letras A a la K. Los temas de interés para el presente proyecto se encuentran en los títulos J y K, en los cuales establece los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de redes contra incendio en edificaciones.

- **Título J - Requisitos de protección contra incendios en edificaciones.**

El propósito de este título es definir los requisitos mínimos de protección contra incendios que debe cumplir toda edificación dentro del territorio colombiano.

En la tabla 3 se establece una clasificación en grupos de ocupación con la cual desde el título J de la NSR-10 numeral J.4.3 se establece el tipo de protección que debe tener una edificación.

- **Título K - Requisitos Complementarios.**

En este título se definen los parámetros y especificaciones arquitectónicas y constructivas tendientes a la seguridad y la preservación de la vida de los ocupantes y usuarios de las distintas edificaciones cubiertas por el alcance del reglamento NSR-10.

Dentro de este título, reviste gran importancia el capítulo K.2 en el cual se define la clasificación de las edificaciones por grupos de ocupación, que es utilizada en el

⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. Bogotá D.C.: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, 406 p.

título J para definir las características que debe tener el sistema de protección contra incendios. A continuación se muestra la clasificación en grupos y subgrupos de ocupación, establecida en el numeral K.2.1.2 del título K de la NSR-10.

Tabla 3. Grupos y subgrupos de ocupación.

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección
A	ALMACENAMIENTO	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	COMERCIAL	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	ESPECIALES	K.2.4
F	FABRIL E INDUSTRIAL	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	INSTITUCIONAL	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	
L	LUGARES DE REUNIÓN	K.2.7
L-1	Deportivos	
L-2	Culturales y teatros	
L-3	Sociales y recreativos	
L-4	Religiosos	
L-5	De transporte	
M	MIXTO Y OTROS	K.2.8
P	ALTA PELIGROSIDAD	K.2.9
R	RESIDENCIAL	K.2.10
R-1	Unifamiliar y bifamiliar	
R-2	Multifamiliar	
R-3	Hoteles	
T	TEMPORAL	K.2.11

Fuente: Norma NSR-10 Título K. Tabla K.2.1-1.

2.1.3.2 Normas NTC

El ICONTEC dentro de sus funciones ha desarrollado normas relacionadas con la protección contra incendios, entre ellas la norma NTC 2301, NTC 1669, NTC 2885. Estas normas están desarrolladas con base en las normas NFPA. Así por

ejemplo, la norma NTC 2301(Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores) es una adopción idéntica de la norma NFPA 13; La norma NTC 1669 (Norma para la Instalación de Conexiones de Mangueras Contra Incendio) es también una adopción idéntica de la norma NFPA 14.

Teniendo en cuenta que estas normas NTC son una adopción idéntica de las normas NFPA, a nivel del territorio colombiano es correcto diseñar y llevar a cabo los proyectos de sistemas de protección contra incendios con base en las normas NFPA.

2.1.3.3 Acuerdo 20 de 1995 del Concejo Distrital de Bogotá.

Creado por el decreto-ley 1400 de 1984, este acuerdo regulaba la construcción en el Distrito Capital de Bogotá. Fue derogado tácitamente por la Ley 400 de 1997. En el presente proyecto se hace referencia a él con el fin de aclarar la duda sobre su vigencia, ya que algunos autores consideran que aún debe ser tenido en cuenta en el diseño de sistemas de protección contra incendios en Santa Fe de Bogotá.

Su derogación tácita fue confirmada por la sección primera del Consejo de Estado en sentencia del 05 de febrero de 2015, en la que concluye lo siguiente:

Teniendo de presente que mediante la Ley 400 de agosto 19 de 1997 “Por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes”, el Congreso de la República expidió la norma especializada de cobertura nacional y de mayor jerarquía que reglamentó varios de los asuntos que habían sido regulados por el Código de Construcción para el Distrito Capital en el Acuerdo 20 de 1995, resulta evidente la derogatoria tácita de este acto, en la medida en que la legislación que le había servido de fundamento legal, esto es, el Decreto-Ley 1400 de 1984, fue derogado expresamente por el Artículo 55 de la Ley 400 de 1997⁷

Qué normas utilizar en Colombia.

Para el diseño de sistemas de protección contra incendios, la norma NSR-10 exige la utilización de las normas NTC (Norma Técnica Colombiana) y las normas NFPA (National Fire Protection Association).

⁷ CONSEJO DE ESTADO, Sala de lo Contencioso Administrativo. (05 de febrero de 2015) Expediente 25000232400020060045701. [CP: María Claudia Rojas Lasso]

Para iniciar el diseño de un sistema contra incendios, en primer lugar se debe clasificar la ocupación con base en la tabla K.2.1-1 del título K de la norma NSR-10. Con esta clasificación se consulta el numeral J.4.3 del título J, donde se puede identificar si la edificación requiere un sistema contra incendio, el tipo de protección requerida y las normas a utilizar.

De manera general, del numeral J.4.3 de la Norma NSR-10 se puede concluir que:

- Para los sistemas de rociadores automáticos se debe utilizar la norma NTC 2301 y la norma NFPA 13;
- Para Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios, las normas NTC 1669 y la NFPA 14;
- Para sistemas de extintores portátiles, la NTC 2885 y la NFPA 10.
- La inspección, prueba y mantenimiento de los sistemas hidráulicos debe hacerse conforme a la norma NFPA 25.

Em conclusión, si se tiene en cuenta que la NSR-10 establece que en el territorio colombiano se deben utilizar las normas NTC y las normas NFPA, y además, que las normas NTC son una adopción idéntica de las NFPA, se ratifica que en Colombia se deben utilizar las normas NFPA, razón por la cual el presente proyecto se hace basado en estas normas.

Se debe tener claro entonces que para Colombia la norma NSR-10 define **cuándo** debe utilizarse un sistema de protección contra incendios y las normas NFPA establecen **cómo** se deben implementar dichos sistemas de protección.

2.2 ROCIADORES AUTOMÁTICOS

La norma NFPA 13 define un rociador automático como un dispositivo de supresión o control que opera automáticamente cuando su elemento termo sensible se calienta a la temperatura de activación, descargando agua en una zona específica.

Entiéndase el término “supresión” como la acción de extinguir completamente un incendio; el término “control”, como la acción de controlar o impedir la expansión de un incendio sin apagarlo.

Los componentes básicos de un rociador automático son los siguientes:

Figura 2. Componentes de un rociador estándar.



Fuente. TORRES, Nicolás. Proyecto de Grado

El orificio de descarga se encuentra sellado por un tapón que retiene el agua del sistema dentro de la red de tuberías. Cuando el calor rompe el elemento termo sensible (fusible), el agua a presión remueve el tapón y se da inicio al flujo de agua a través del rociador.

Figura 3. Secuencia de activación de un rociador.



Fuente. <http://www.contraincendio.com.ve/partes-componentes-rociador/>

El deflector es el elemento sobre el que golpea el chorro de agua y el que se encarga de distribuirla en un patrón específico de acuerdo con el estilo de rociador.

En los rociadores de bulbo, el color del líquido indica el rango de temperatura de activación de acuerdo con la tabla 7.2.4.1 de la NFPA 13 edición 2019.

Tabla 4. Clasificación de temperatura y códigos de colores.

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

Fuente. NFPA 13. Tabla 7.2.4.1

COEFICIENTE DE DESCARGA

Una característica de los rociadores, que tiene relación con el tamaño del orificio de descarga, es el factor K (coeficiente de descarga). Cuanto más grande es K, mayor será la descarga.

La norma NFPA 13 edición 2019 en su numeral 27.2.2.5 define el factor de descarga así:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

Donde:

K: Factor de descarga del rociador

Q: Caudal en el rociador (o nodo)

P: Presión en el nodo

CLASES DE ROCIADORES.

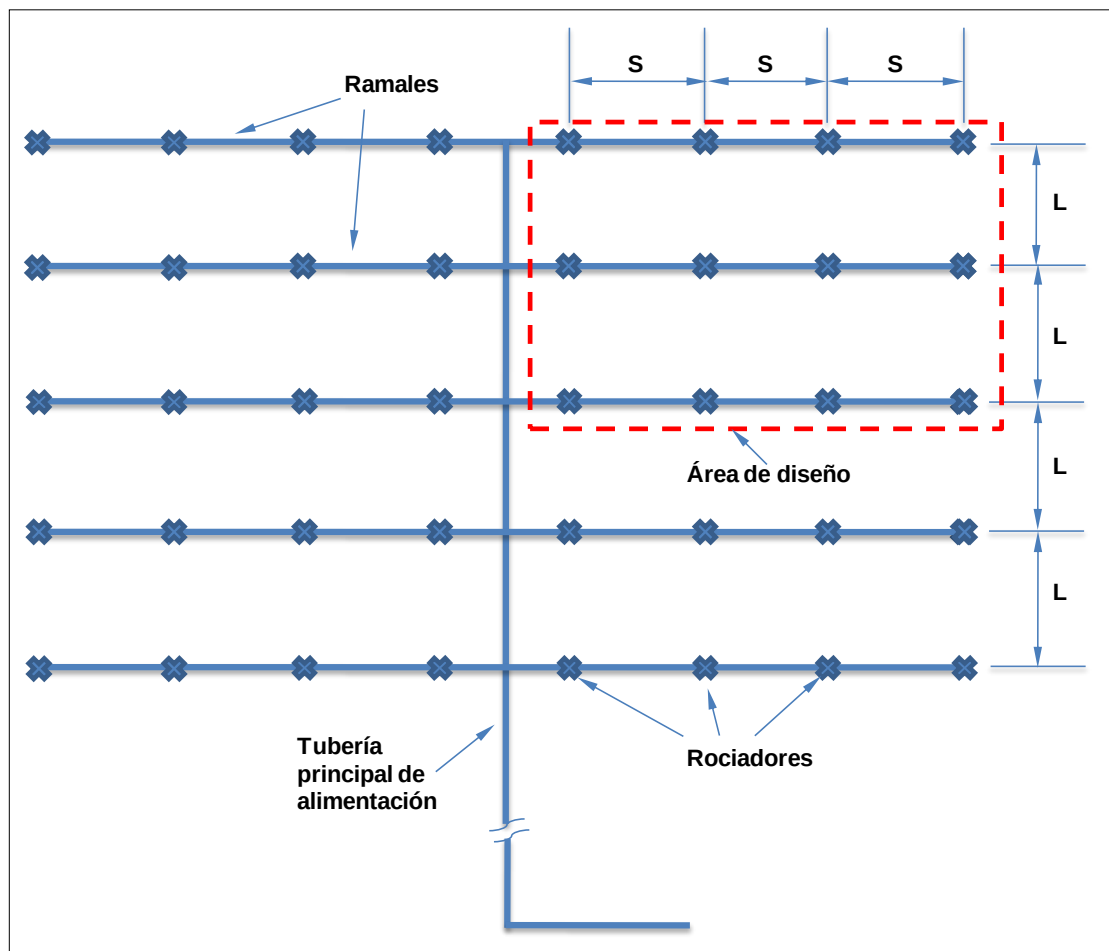
Existen diferentes tipos de rociadores y diferentes clasificaciones que dependen de su orientación (montante, colgante, de pared), de su dispositivo de activación (de bulbo de vidrio, de elemento fusible metálico), de su aplicación (residenciales, rociadores pulverizadores etc.), de la acción contra el fuego (de supresión, de control)

Estas clases de rociadores son tratados por la norma NFPA 13 edición 2019 en los capítulos 10 a 15.

ÁREA DE COBERTURA DE ROCIADORES.

A continuación se muestra un esquema de un sistema de protección contra incendios que permitirá aclarar algunos conceptos básicos.

Figura 4. Esquema general de un sistema contra incendios



Fuente. Autor.

Un ramal (llamado en inglés *branch line*) es la tubería que está conectada a la línea principal de alimentación (en inglés *cross main*) y sobre la que se colocan los

rociadores. La separación entre ramales se designa con la letra L y la separación entre rociadores a lo largo del ramal, con la letra S.

En el sentido de los ramales (S): Se selecciona el mayor valor entre la distancia al próximo rociador y dos veces la separación a la pared, en caso que se trate del último rociador del ramal.

Entre ramales (L): Se selecciona el mayor valor entre la distancia perpendicular a los rociadores conectados a los ramales adyacentes y dos veces la separación a la pared, en caso de que se trate del último ramal.

El área de cobertura de un rociador (A_s) se define como:

$$A_s = S \times L$$

Estos conceptos se pueden profundizar en la sección 9.5.2 de la norma NFPA 13 edición 2019.

En los capítulos 10 a 15 de la NFPA 13 se establecen el área de cobertura máxima para rociadores y la separación máxima entre ellos, en función del tipo de rociador y de la clasificación del riesgo de la ocupación a proteger. A manera de ejemplo, para los rociadores del tipo CMSA (Modo de Control Aplicación Específica) la tabla 13.2.5.2.1 del capítulo 13 de la mencionada norma, define el área máxima de cobertura y el máximo espaciamiento entre rociadores, en función del tipo de construcción como se muestra a continuación.

Tabla 5. Área de protección y máximo espaciamiento para rociadores CMSA

Tipo de Construcción	Área de protección		Máximo espaciamiento	
	ft ²	m ²	ft	m
No combustible no obstruido	130	12	12	3.7
No combustible obstruido	130	12	12	3.7
Combustible no obstruido	130	12	12	3.7
Combustible obstruido	100	9	10	3.0
Almacenamiento en racks combustible obstruido	100	9	10	3.0
Almacenamiento en racks no obstruido y No combustible obstruido	100	9	12	3.7

Fuente. NFPA 13 edición 2019. Reproducción de la tabla 13.2.5.2.1

De acuerdo con esta tabla, si tuviéramos por ejemplo, una construcción no combustible no obstruida, una buena elección para S y L sería 12 y 10 pies respectivamente, pues se tendría un área $A_s=120 \text{ pie}^2$ (por debajo de 130 que es la máxima) y se cumple con el criterio de distancia máxima entre rociadores que es 12 pies.

AREA DE DISEÑO

El área de diseño es generalmente una porción del espacio a ser protegido por un sistema de rociadores automáticos. En la Figura 4, se muestra un ejemplo de área de diseño encerrada entre líneas punteadas.

Sobre esta área se definen los requerimientos de presión y caudal de todo el sistema de protección, asumiendo que sólo los rociadores dentro de ella, son los que se activarán en un eventual incendio.

De otro lado, el área de diseño debe ser la hidráulicamente más demandante, exigente o desfavorable, de tal manera que si el sistema puede satisfacer la demanda generada por ella, podrá satisfacer cualquier otra área expuesta a un incendio.

La situación más exigente puede no ser la más remota del suministro de agua si las situaciones más cercanas al suministro de agua son más peligrosas o tienen áreas más grandes protegidas por rociadores individuales. Por ejemplo, un edificio de oficinas puede ser protegido por rociadores como una ocupación de riesgo leve, con rociadores espaciados 14 pies x 14 pies (4,3 m x 4,3 m) en las habitaciones alejadas del suministro de agua y con rociadores de cobertura extendida que cubren 20 pies x 20 pies (6,1 m x 6,1 m) cerca del suministro de agua. Los rociadores de cobertura extendida están más cerca del suministro de agua, pero pueden producir una demanda mayor que los rociadores en un espacio de 14 pies x 14 pies (4.3 m x 4.3 m) que están lejos del suministro de agua. Es necesario realizar cálculos para la verificación. Donde se están calculando múltiples áreas, es posible que un área tenga una mayor demanda de presión y otra área tenga una mayor demanda de caudal. En estas circunstancias, no es necesario sumar las demandas. Tampoco es necesario garantizar que el caudal más alto esté disponible a la presión más alta. En lugar de esto, se debe verificar que el suministro de agua sea capaz de manejar cada situación de demanda individual⁸.

⁸ LAKE, James D. Automatic Sprinkler Systems Handbook. National Fire Protection Association®. Quincy, Massachusetts. 2010. Eleventh Edition.

El área de diseño debe ser rectangular, con su lado más largo paralelo a los ramales. Dicho lado debe ser al menos 1.2 veces la raíz cuadrada del área según lo indica la norma NFPA 13 numeral 27.2.4.2.1.

$$W = 1.2\sqrt{A}$$

Donde:

W : Lado más largo del área de diseño.

A : Área de diseño.

Más adelante se verán los criterios para elegir el valor numérico del área de diseño. En la presente sección se mostrará cómo definir la cantidad de rociadores y cómo se distribuyen, asumiendo que ya se conoce el área.

Cantidad de rociadores en el área de diseño N_s se define como:

$$N_s = \frac{A}{A_s}$$

Donde:

N_s : Cantidad de rociadores en el área de diseño.

A : Área de diseño.

A_s : Área de cobertura de un rociador.

Si el cociente $\frac{A}{A_s}$ no es un número entero, el número de rociadores debe ser el siguiente número entero, de acuerdo con 27.2.4.2.2 de la NFPA 13.

El número de rociadores por ramal en el lado más largo del área de diseño se define:

$$N_{sl} = \frac{W}{S} = \frac{1.2\sqrt{A}}{S}$$

Donde:

N_{sl} : Rociadores por ramal en el lado más largo del área de diseño.

W : Lado más largo del área de diseño.

S : Separación entre rociadores a lo largo del ramal.

A : Área de diseño.

De igual forma el número de rociadores por ramal debe ser el siguiente número entero, en caso de que el resultado tenga una fracción decimal, de acuerdo con 27.2.4.2.2 de la NFPA 13.

Más adelante se verá un ejemplo de diseño hidráulico de un sistema de rociadores automáticos en donde se mostrarán los cálculos del área de diseño, sin embargo, el lector puede referirse también a la figura A.27.2.4 del anexo A de la norma NFPA 13.

2.3 SISTEMAS DE ROCIADORES

La norma NFPA 13 define un sistema de rociadores como un sistema que es usualmente activado por el calor de un incendio y descarga agua sobre el área incendiada, que consiste de una red integrada de tubería diseñada de acuerdo con las normas de ingeniería de protección contra incendios. Incluye una fuente de abastecimiento de agua, válvula de control, válvula de alarma y drenaje.

2.3.1 Sistema de tubería húmeda.

Un sistema de rociadores de tubería húmeda contiene agua a presión en la red de tuberías en todo momento y utiliza rociadores automáticos. Cuando se activa uno o más rociadores el agua se descarga inmediatamente sobre el área afectada por el incendio.

No debe instalarse cuando la temperatura esté por debajo de 4 °C, debido a congelamiento del agua.

2.3.2 Sistemas de tubería seca.

En este caso, la red de tuberías no contiene agua antes de la activación del sistema, sino que está cargada con aire presión

Si se produce un incendio se activa uno o más rociadores, haciendo que la presión del aire en el sistema disminuya. Una vez que la presión de aire baja a un nivel predeterminado, la válvula de tubería seca se abre permitiendo que el agua fluya a través del sistema hacia los rociadores abiertos

2.3.3 Sistemas tipo diluvio

Son sistemas parecidos a los de tubería seca con la diferencia de que no usa rociadores automáticos sino rociadores abiertos, de manera que cuando se activa el sistema, fluye agua por todos los rociadores.

2.3.4 Sistemas de pre acción.

Son sistemas similares a los de diluvio pero no tiene rociadores abiertos. Un detector de fuego abre la válvula de pre acción permitiendo que el agua entre en las tuberías, sin embargo, el agua no fluye por los rociadores hasta que el calor activa el elemento termo sensible.

2.4 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE OCUPACION

De acuerdo con el capítulo 4 de la NFPA 13, las ocupaciones se clasifican en los siguientes riesgos:

- (1) Riesgo Leve
- (2) Riesgo Ordinario (grupos 1 y 2)
- (3) Riesgo Extra (grupos 1 y 2)

En el anexo A de esta norma se encuentran ejemplos de cada una de estas clasificaciones.

La clasificación de la ocupación es la primera gran decisión que debe tomar el proyectista que diseña un sistema de rociadores. La adecuada clasificación es una tarea crítica debido a que de ello depende que el sistema de rociadores pueda diseñarse apropiadamente, ya que esto impacta aspectos claves como el tipo de rociadores requerido, el criterio de descarga de rociadores, el espaciamiento de rociadores y la adecuada determinación de la demanda de agua del sistema, que influyen en su efectividad durante un incendio⁹.

⁹ YBIRMA, Luis. CLASIFICACIÓN DE LAS OCUPACIONES SEGÚN NFPA 13 [en línea]. Caracas, Venezuela. Septiembre 7 de 2017. [Citado en 2018-11-13] Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/clasificacion-de-las-ocupaciones-segun-nfpa-13/>>

2.5 ENFOQUES DE DISEÑO

Para calcular la demanda de agua total de un sistema, la NFPA 13 en el numeral 19.2.4.1 define tres métodos: (i) Enfoque de control de incendio por riesgo de ocupación y enfoques de diseño especial del capítulo 19, (ii) Enfoques de diseño para almacenamiento de los capítulos 20 al 25 y (iii) Enfoques de diseño especiales del capítulo 26.

2.5.1 Enfoque de control de incendio por riesgo de ocupación.

Se tiene en cuenta la clasificación de las ocupaciones de acuerdo con el capítulo 4 de la NFPA 13:

- (1) Riesgo Leve
- (2) Riesgo Ordinario (grupos 1 y 2)
- (3) Riesgo Extra (grupos 1 y 2)

Los requerimientos de demanda de agua del sistema se pueden obtener por dos métodos: (i) método de diseño por tablas (también llamado método de catálogo de tuberías o “*pipe schedule*”) de acuerdo con la sección 19.3.2, o (ii) por el método de cálculos hidráulicos de acuerdo con 19.3.3.

2.5.1.1 Método de diseño por tablas.

Según la norma NFPA 13 (numeral 3.3.206.8) un sistema diseñado por el método tabulado (*pipe schedule method*) es un sistema en el cual los diámetros de tuberías se seleccionan de una tabla que es determinada por la clasificación de la ocupación y en la cual se permite que un número dado de rociadores sea abastecido por tubería de un tamaño específico.

El método tabulado es el enfoque de diseño de sistemas de rociadores más antiguo, que se remonta a la primera edición de NFPA 13 en 1896. Aún es permitido por la norma en condiciones limitadas.

Su uso sólo se permite en adiciones o modificaciones de sistemas existentes diseñados por método tabulado, sin importar el riesgo de la ocupación. Se permite en nuevos sistemas con clasificación de riesgo leve u ordinario y cuya área no sea mayor a 5.000 pies² (465 m²). Lo anterior de acuerdo a los numerales 19.3.2 y 27.5 de la NFPA 13 edición 2019.

A manera de ejemplo, a continuación se presenta una de las tablas para dimensionamiento de tubería:

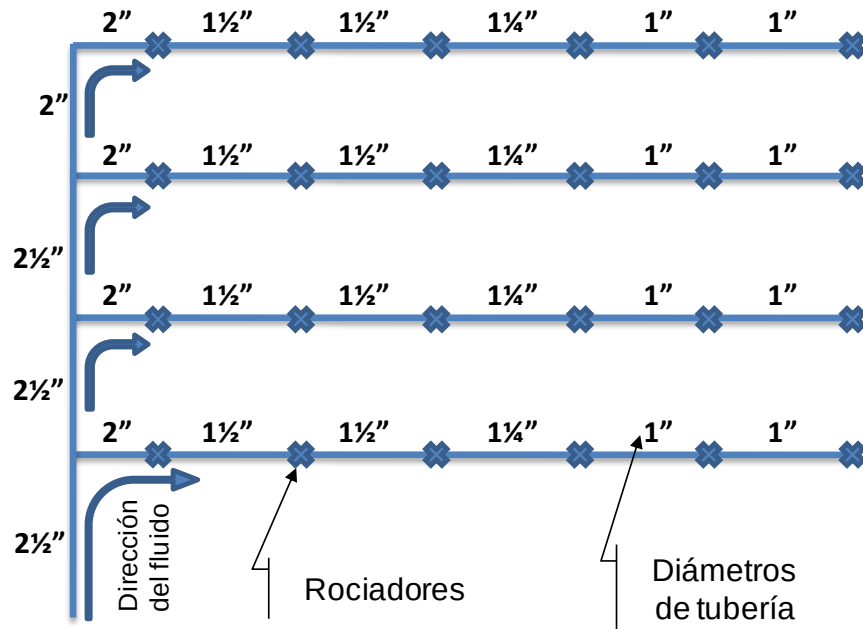
Tabla 6. Tabla de tuberías para riesgo leve

	Acero	Cobre
1 pulg (25 mm)	2 rociadores	2 rociadores
1 ^{1/4} pulg (32 mm)	3 rociadores	3 rociadores
1 ^{1/2} pulg (40 mm)	5 rociadores	5 rociadores
2 pulg (50 mm)	10 rociadores	12 rociadores
2 ^{1/2} pulg (65 mm)	30 rociadores	40 rociadores
3 pulg (80 mm)	60 rociadores	65 rociadores
3 ^{1/2} pulg (90 mm)	100 rociadores	115 rociadores
4 pulg (100 mm)	Ver sección 4.5	Ver sección 4.5

Fuente NFPA 13 edición 2019, tabla 27.5.2.2.1

A continuación se ilustra el dimensionamiento de tubería de acero para riesgo leve en función de la cantidad de rociadores que surte, de acuerdo a los datos de la Tabla 6. Es importante notar que en el método tabulado no se permite el uso de tubería con diámetro nominal inferior a una (1) pulgada.

Figura 5. Sistema en tubería de acero, riesgo leve.



Fuente El autor.

La Norma NFPA 13 exige que los sistemas de riesgo extra se dimensionen mediante cálculos hidráulicos, es decir, que no se emplee el método tabulado, sin embargo, en el anexo A.27.5.4 presenta una tabla de tuberías que se debe usar como guía para modificaciones de sistemas existentes (de riesgo extra) que hayan sido diseñados por método tabulado.

Los criterios de diseño por este método se encuentran en las secciones 19.3.2 y 27.5 de la NFPA 13, en donde se establecen caudales mínimos, tiempos de duración de la fuente de abastecimiento de agua, cantidad de rociadores por ramal, entre otros.

La Tabla 7 contiene los requisitos mínimos de abastecimiento de agua para ocupaciones de riesgo leve y ordinario diseñados por método tabulado.

Tabla 7. Requisitos abastecimiento de agua.

Clasificación de la ocupación	Presión residual mínima requerida		Flujo aceptable en la base de la tubería vertical (incluyendo la asignación para chorro de manguera)		Duración (minutos)
	psi	bar	gpm	L/min	
Riesgo Leve	15	1	500-750	1900-2850	30-60
Riesgo Ordinario	20	1,4	850-1500	2300-5700	60-90

Fuente NFPA 13 edición 2019, tabla 19.3.2.1

Así por ejemplo se establece que el tiempo de duración más bajo de la Tabla 7 se permite cuando el dispositivo de alarma de flujo de agua del sistema de rociadores y el dispositivo de supervisión, están eléctricamente supervisados, y dicha supervisión es monitoreada en una ubicación aprobada y constantemente atendida.

2.5.1.2 Método de cálculos hidráulicos.

La norma NFPA 13 edición 2019 en el numeral 3.3.104 define un sistema calculado hidráulicamente como un sistema de rociadores en el cual los diámetros de tuberías se seleccionan con base en las pérdidas de presión por fricción para proporcionar una densidad de aplicación de agua determinada, o una presión mínima de descarga prescrita o un caudal por rociador, distribuidos con un grado razonable de uniformidad sobre un área específica.

Para los sistemas calculados hidráulicamente, la NFPA 13 establece que los diámetros nominales de tubería no deben ser menores a 1 pulgada (25 mm) para acero negro o galvanizado, y $\frac{3}{4}$ de pulgada (20 mm) para cobre, latón, acero inoxidable y tubería no metálica listada para rociadores contra incendios.

Es importante tener en cuenta que las dimensiones de la tubería, cantidad de rociadores por ramal, y cantidad de ramales por tubería principal solo estarán limitados por el suministro de agua disponible. Lo anterior supone que no se tiene límite en la velocidad del agua, más allá de aquellas por ruido, vibración o golpe de ariete. Sin embargo, un sistema de protección contra incendios no necesariamente se diseña para que sea silencioso.

Este método se encuentra definido en las secciones 19.3.3 y 27.2 de la norma NFPA 13 edición 2019.

En concordancia con la definición mencionada, el primer tema a tratar es el de las pérdidas de presión por fricción en las tuberías. De acuerdo con el numeral 27.2 de la NFPA 13, éstas deben calcularse con base en la ecuación de Hazen-Williams:

$$p = 4.52 * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}}$$

Donde:

p = pérdidas por fricción por unidad de longitud (psi/pie de tubería)

Q = Caudal (galones por minuto, gpm)

C = Coeficiente de pérdidas por fricción.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

A continuación se presenta una tabla que muestra los diámetros reales para tubería de acero cédula 40, muy utilizado en los sistemas de protección contra incendios por su alta resistencia a la presión. Los datos de esta tabla son una parte de la tabla A.16.3.2 de la NFPA 13 edición 2019.

Tabla 8. Dimensiones de tubería para Acero Cédula 40.

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Diámetro interior		Espesor de la pared	
Pulgadas	mm.	Pulgadas	mm.	Pulgadas	mm.	Pulgadas	mm.
1/2	15	0,840	21,3	0,622	15,8	0,109	2,77
3/4	20	1,050	26,7	0,824	21	0,113	2,87
1	25	1,315	33,4	1,049	26,6	0,133	3,37
1 1/4	32	1,660	42,2	1,380	35,1	0,140	3,56
1 1/2	40	1,900	48,3	1,610	40,9	0,145	3,68
2	50	2,375	60,3	2,067	52,5	0,154	3,91
2 1/2	65	2,875	73	2,469	62,7	0,203	5,16
3	80	3,500	88,9	3,068	77,9	0,216	5,49
3 1/2	90	4,000	101,6	3,548	90,1	0,226	5,74
4	100	4,500	114,3	4,026	102,3	0,237	6,02
5	125	5,563	141,3	5,047	128,2	0,258	6,55
6	150	6,625	168,3	6,065	154,1	0,280	7,11
8	200	8,625	219,1	7,981	—	0,322	—
10	250	10,750	273,1	10,020	—	0,365	—
12	300	12,750	—	11,938	—	0,406	—

Fuente: NFPA 13 edición 2019. Parte de la tabla A.16.3.2.

El coeficiente de pérdidas por fricción se debe tomar de la tabla 27.2.4.8.1 de la NFPA 13 edición 2019, la cual se reproduce a continuación:

Tabla 9. Valores para el coeficiente de pérdidas por fricción.

Tubo o Cañería	Valor de C
Hierro dúctil o fundido sin recubrimiento	100
Acero negro (sistemas de tubería seca incluidos los de pre acción)	100
Acero negro (sistemas húmedos, incluidos los de diluvio)	120
Acero galvanizado (sistemas secos, incluidos los de preacción)	100
Acero galvanizado (sistemas húmedos, incluidos los de diluvio)	120
Plásticos (listados), todos	150
Hierro dúctil o fundido con recubrimiento de cemento	140
Tuberías de cobre, latón o acero inoxidable	150
Asbesto cemento	140
Concreto	140

Fuente. NFPA 13 edición 2019, tabla 27.2.4.8.1.

Las pérdidas por fricción en accesorios y válvulas se encuentran en la Tabla 10. Estas pérdidas se presentan como una longitud equivalente en pies (y metros). Para encontrar el valor de las pérdidas en unidades de presión se debe multiplicar esta longitud por la constante 0.433 psi/pie (0.098 bar/m), lo que en realidad equivale a multiplicar dicha longitud equivalente por el peso específico del agua de acuerdo con las unidades que se estén utilizando.

Tabla 10. Longitud equivalente para tubería de acero cédula 40.

	1/2 in. (15 mm)	1/4 in. (20 mm)	1 in. (25mm)	1 1/4 in. (32 mm)	1 1/2 in. (40 mm)	2 in. (50 mm)	2 1/2 in. (65 mm)	3 in. (80 mm)	3 1/2 in. (90 mm)	4 in. (100 mm)	5 in. (125 mm)	6 in. (150 mm)	8 in. (200 mm)	10 in. (250 mm)	12 in. (300 mm)
Codo 45°	-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	13 (4)
Codo estándar 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo radio largo 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
Te o cruz (giro de 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa	-	-	-	-	-	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	-	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de compuerta	-	-	-	-	-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Interruptor de flujo tipo paleta			6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	-	30 (9.1)	-	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Válvula tipo charnela	-	-	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Nota: La información de la tubería de 1/2 in. se incluye en esta tabla únicamente porque su uso se permite en las secciones 29.4 y 29.5. Debido a las variaciones en el diseño de válvulas tipo charnela, las longitudes equivalentes que se indican en esta tabla se consideran un promedio.

Fuente NFPA 13 Edición 2019, tabla 27.2.3.1.1

También se debe tener en cuenta que la presión adicional (P en psi) que es necesaria para elevar el agua hasta determinada altura (h en pies), de acuerdo con el numeral A.19.3.2.6 de la norma NFPA 13 edición 2019, es:

$$P = 0.433 \text{ psi/pie} * h$$

La demanda de agua para los rociadores de un sistema calculado hidráulicamente, se debe obtener únicamente de uno de los métodos siguientes a criterio del diseñador:

- Método densidad/área que se encuentra en la NFPA 13 numeral 19.3.3.2.
- Método de cuarto de diseño según la NFPA 13 numeral 19.3.3.3
- Áreas de diseño especial de acuerdo con la NFPA 13 numeral 19.3.3.4

La siguiente tabla muestra los requerimientos de caudal para conexiones de mangueras y la duración del abastecimiento de agua:

Tabla 11. Caudal para mangueras y duración del abastecimiento.

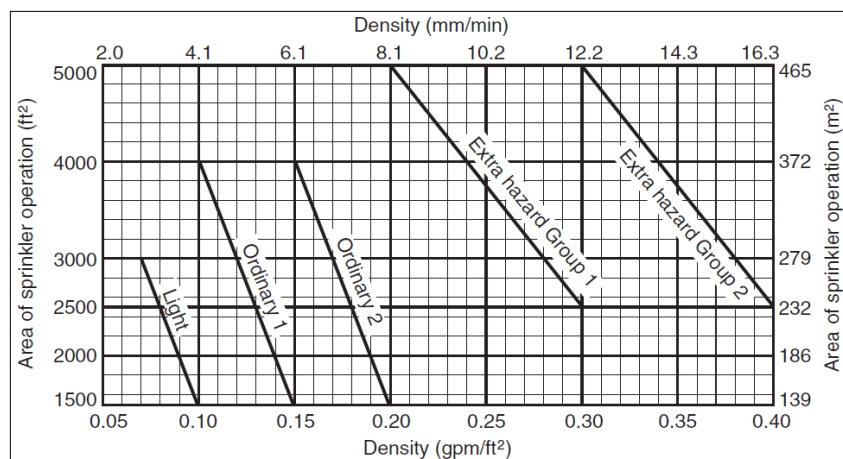
Clasificación de la Ocupación	Mangueras internas		Total combinado de mangueras internas y externas		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo Leve	0,50, o 100	0,190, o 380	100	380	30
Riesgo Ordinario	0,50, o 100	0,190, o 380	250	950	60-90
Riesgo Extra	0,50, o 100	0,190, o 380	500	1900	90-120

Fuente. NFPA 13. Tabla 19.3.3.1.2

➤ Método densidad/área.

Consiste en determinar un área de diseño y una densidad de aplicación de agua desde las curvas densidad/área de la figura 19.3.3.1.1 de la NFPA 13, la cual se muestra a continuación:

Figura 6. Curvas Densidad/Área



Fuente NFPA 13 Edición 2019, figura 19.3.3.1.1

Para usar esta gráfica es necesario haber definido previamente el riesgo de la ocupación, de acuerdo con lo mencionado en secciones anteriores del presente informe. En la curva del riesgo correspondiente se escoge un punto cualquiera el cual arroja una densidad de flujo y el área de diseño.

La densidad de aplicación hace referencia al caudal por unidad de área entregado por los rociadores. Se expresa en unidades de galones por minuto por pie cuadrado (gmp/pie²) o en litros por minuto por metro cuadrado (que se simplifica a mm/min)

Si deseamos proteger una ocupación clasificada como riesgo ordinario grupo 1, podemos elegir cualquier punto dentro la curva correspondiente, a criterio del diseñador. Estos puntos inician desde una densidad de aplicación de 0,1 gpm/pie² (4,1 mm/min) con un área de diseño correspondiente de 4000 pie² (372 m²) hasta una densidad de 0,15 gpm/pie² (6,1 mm/min) para un área de 1500 pie² (139 m²).

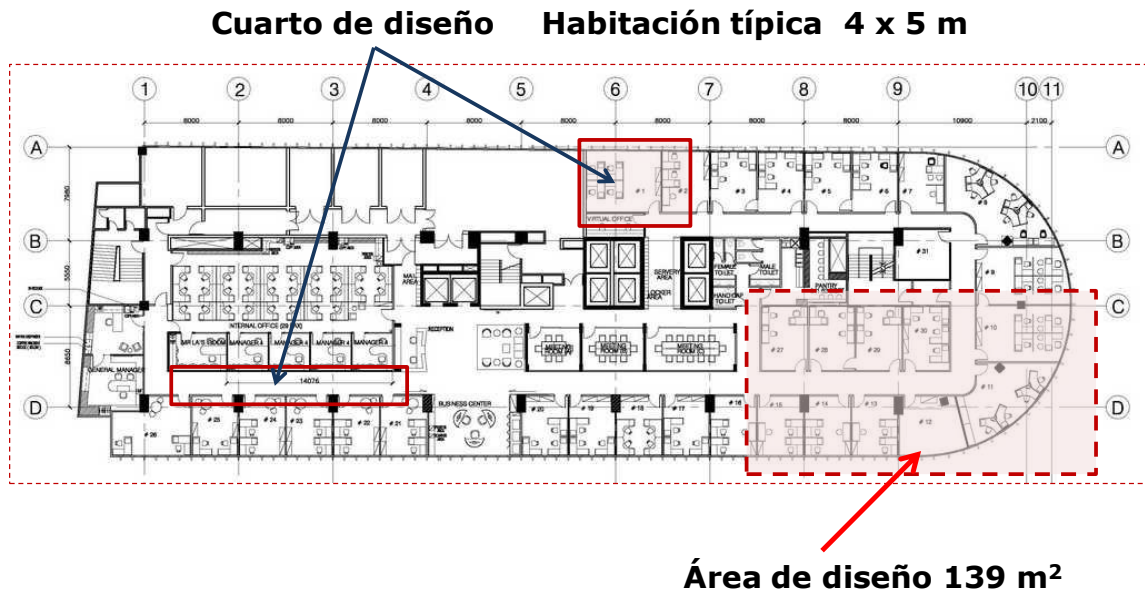
El caudal nominal para todo el sistema de rociadores resulta de multiplicar el área de diseño por la densidad seleccionada de las curvas densidad/área. Así, para el primer punto mencionado, el caudal nominal resultante es de 400 gpm (1514 L/min). Para el segundo punto el caudal que requiere el sistema sería de 225 gpm (852 L/min). Sin embargo, el caudal a que trabaja en realidad un sistema calculado hidráulicamente, es superior al caudal nominal, puesto que se deben considerar pérdidas por fricción en tubería y accesorios.

➤ **Método de cuarto de diseño.**

En edificaciones compuestas de muchos cuartos, como el caso de un hotel, se considera que un incendio se inicia sólo en una de las habitaciones. La norma NFPA 13 permite realizar los cálculos del suministro de presión y caudal del sistema con base en la demanda de los rociadores del cuarto o el pasillo hidráulicamente más exigente.

En la siguiente figura se muestra un plano de un hotel a ser protegido por un sistema de rociadores automáticos.

Figura 7. Habitación típica y área de diseño



Fuente: Ingeniero Guillermo Lozano, Seminario Web, julio 18 de 2014. Lozano y Asociados.

Podemos ver tres áreas resaltadas. Una de ellas entre líneas punteadas, es el área de diseño (de 139 m² o 1500 pie²) que se debería tomar si usáramos el método de densidad/área descrito en el punto anterior de este proyecto. En este caso, la cantidad de rociadores que se deben incluir en el cálculo hidráulico son los de los diez cuartos que abarca dicha área.

Otra de las áreas en esta figura (resaltada con líneas sólidas) corresponde a un corredor grande, que también puede ser considerado como el de mayor exigencia hidráulica. Las consideraciones de este caso se encuentran en los numerales 19.3.3.3.6 y 19.3.3.3.7 de la NFPA 13.

La tercera área corresponde a la de la habitación más grande. En el método de cuarto de diseño (room design method) también llamado método de diseño por sala, los cálculos hidráulicos se realizan con la cantidad de rociadores dentro del cuarto.

El área cubierta por cada rociador es la división entre el área del cuarto entre el número de rociadores.

La NFPA establece unas condiciones o restricciones para el uso del método de cuarto de diseño, entre ellas:

- La densidad de aplicación de agua debe tomarse de las curvas densidad/área de la figura 19.3.3.1.1, correspondiente a la clasificación del riesgo de ocupación y el área del cuarto.
- Todos los cuartos deben tener paredes con una clasificación de resistencia al fuego igual a la duración del abastecimiento de agua de la tabla 19.3.3.1.2
- Si el cuarto es menor al área mínima de las curvas densidad/área, para efectos de obtener la densidad de aplicación, debe usarse el área mínima de estas curvas, de acuerdo con riesgo de ocupación.

Otras condiciones se pueden ver en los numerales 19.3.3.3.5, 19.3.3.3.6 y 19.3.3.3.7.

“Por lo general, solo tiene sentido utilizar el método de cuarto de diseño en situaciones en las que el edificio está muy compartimentado y la cantidad de rociadores en el cuarto más exigente es menor a los que se calcularían mediante el método Densidad/Área”¹⁰.

De acuerdo con el numeral 19.3.3.1.4, cuando se usa el método de cálculos hidráulicos, las áreas de diseño no pueden ser inferiores a las establecidas en las curvas de área/densidad para cada clasificación de riesgo, lo que quiere decir que para riesgo leve y ordinario, si el área a proteger con rociadores es menor a 1500 pies², el área de diseño debe ser 1500 pies². Así mismo, para riesgo extra el área de diseño debe ser como mínimo 2500 pies².

➤ **Áreas de diseño especial.**

Contempladas en el numeral 19.3.3.4 hacen referencia a áreas que no tienen una forma rectangular para que se pueda aplicar métodos como densidad/área o cuarto de diseño. Por ejemplo, áreas a ser protegidas por una sola línea de rociadores, o áreas compuestas por torres de escaleras, entre otras.

“Un sistema diseñado hidráulicamente es preferible a los sistemas diseñados por método tabulado. Un diseño hidráulico proporciona un análisis más preciso de la tubería del sistema y permite una selección más adecuada de los diámetros de la tubería”¹¹.

¹⁰ YBIRMA, Luis. Métodos de diseño. Sistemas de rociadores [en línea]. Caracas, Venezuela. Abril 22 de 2018. [Citado en 2018-11-15] Disponible en internet: <<http://www.contraincendio.com.ve/metodos-de-diseno-sistemas-de-rociadores/>>

¹¹ LAKE, JAMES D. Automatic Sprinkler Systems Handbook. National Fire Protection Association®. Quincy, Massachusetts. 2010. Eleventh Edition.

Presión mínima y máxima para cálculos hidráulicos.

Los numerales 27.2.4.11 y 27.2.4.12 definen las presiones mínimas y máximas en los rociadores para los sistemas diseñados hidráulicamente. La mínima presión en 7 psi (0.5 bar) y la máxima en 175 psi (12 bar) en algunas condiciones especiales.

2.5.1.3 Enfoques especiales de diseño.

Los enfoques especiales se encuentran en la sección 19.4 de la NFPA 13 y son:

➤ Rociadores residenciales.

Se define en la sección 19.4.1. El área de diseño debe incluir los cuatro (4) rociadores adyacentes que producen la mayor demanda hidráulica. En esta sección de la NFPA 13 se dan otras condiciones, por ejemplo en los casos en los que el área de diseño se encuentre adyacente a espacios ocultos no protegidos por rociadores, dicha área de diseño debe contener como mínimo ocho (8) rociadores.

➤ Protección contra incendios exteriores.

En inglés se conoce como “exposure protection”. Bajo este enfoque, la tubería del sistema debe diseñarse hidráulicamente para proporcionar un mínimo de 7 psi (0.5 bar) en cualquiera rociador.

➤ Cortinas de agua (water curtain)

El sistema debe ser calculado hidráulicamente para entregar un caudal de 3 gpm por pie lineal (37 L/min por metro lineal) de la cortina de agua. Ningún rociador debe descargar menos de 15 gpm (57L/min)

➤ Acristalamientos protegidos por rociadores

En inglés “sprinkler-protected glazing”. En el numeral 19.4.4 de la NFPA 13 se definen criterios de duración de la fuente de abastecimiento de agua, número de rociadores, entre otras.

Es de mucha importancia aclarar que cuando se trata de almacenamiento de mercancías, los criterios para elegir el área de diseño y la densidad, así como otros aspectos importantes, son diferentes. Dicha selección dependerá de la clasificación de las mercancías y para cada caso existe un capítulo independiente en la norma NFPA 13 (capítulos 21 a 25). A continuación se verán los temas relacionados con el almacenamiento.

2.5.2 Requerimientos Generales para Almacenamiento.

Cuando se trata de proteger edificaciones destinadas al almacenamiento de mercancías, se debe tener en cuenta que el diseño es diferente a lo que se ha mencionado hasta este momento. En primer lugar no se define una clasificación de riesgo de ocupación sino que entran en juego otras variables como el tipo de mercancía, el tipo de almacenamiento, la altura en que se almacena, el espacio libre hasta el techo.

Según Ybirma¹², antes de iniciar el diseño de un sistema de rociadores para proteger almacenamiento de mercancías, es necesario responder tres preguntas: 1) ¿Qué se almacena?, 2) ¿Cómo se almacena? y 3) ¿Hasta qué altura se almacenan las mercancías?

La respuesta a la primera pregunta deberá conducir a una adecuada clasificación de la mercancía almacenada. El desarrollo de un incendio en un área de almacenamiento depende del material, la facilidad de ignición, la tasa de propagación de la llama y la tasa de liberación de calor. El capítulo 20, secciones 20.3 y 20.4 de la NFPA 13 edición 2019 proporciona las herramientas para esta clasificación.

La segunda pregunta hace referencia a la configuración del almacenamiento, es decir, si el almacenamiento es sobre pallets (también llamadas estibas), en pilas sólidas, con cajas contenedoras, en estanterías o en racks. La disposición de las mercancías almacenadas afecta el potencial de propagación del fuego. La principal diferencia entre los arreglos de almacenamiento es la superficie expuesta de las mercancías. A medida que aumenta el área expuesta, la velocidad a la que se desarrolla el fuego aumenta.

La tercera pregunta está encaminada a conocer la altura de la mercancía almacenada y el espacio libre entre ésta y el techo (donde estarán instalados los rociadores). En primer lugar, a mayor altura de la pila de almacenamiento habrá mayor superficie expuesta. En segundo lugar, el espacio libre entre el tope de la mercancía y los rociadores incide sobre el tiempo de activación, el patrón de descarga de agua y la penetrabilidad de las gotas hasta la mercancía incendiada.

“Al revisar proyectos de sistemas de rociadores es muy común encontrar que una incorrecta clasificación o una clasificación no conservadora de las mercancías, es

¹² YBIRMA, Luis. Protección de almacenes con rociadores – II [en línea]. Caracas, Venezuela. Septiembre 22 de 2018. [Citado en 2019-01-16] Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/proteccion-contra-incendios-de-almacenes-2/>>

uno de los más frecuentes errores asociados con el diseño de sistemas de rociadores”¹³.

A continuación se presentan los criterios a seguir en la protección para almacenamiento, tomados de la norma NFPA 13 edición 2019:

- (1) Identificar la clasificación de la mercancía de acuerdo con las secciones 20.3 y 20.4 de la NFPA 13.
- (2) Identificar el método de almacenamiento de acuerdo con la sección 20.5
- (3) Determinar la altura del almacenamiento, altura de la edificación y su correspondiente espacio libre hasta el techo de acuerdo con la sección 20.6.
- (4) Definir los criterios generales de protección contra incendios que son comunes para todas las opciones de protección de almacenamiento de acuerdo a las secciones 20.7 a 20.15.
- (5) Seleccionar la tecnología sistema/rociador apropiada para el criterio de protección (capítulos 21 a 25)
- (6) Diseñar e instalar el sistema de acuerdo con el resto de este documento¹⁴.

2.5.2.1 Clasificación de mercancías.

De acuerdo con las secciones 20.3 y 20.4 de la norma NFPA 13 las mercancías se clasifican en:

➤ Mercancías Clase I.

Se define como un producto no combustible que cumple con uno de los siguientes criterios:

- (1) Colocado directamente sobre pallets de madera.
- (2) Colocado en cajas de cartón corrugado de una sola capa, con o sin divisores de cartón de un solo espesor, con o sin pallets.
- (3) Envuelto en plástico transparente o en papel como una unidad de carga, con o sin pallets.

¹³ Fire Prevention Officers Association of British Columbia. Classify the Commodity [en línea]. Vancouver Canada. 2012. [Citado en 2019-01-16]. Disponible en internet: <URL: https://www.fpoa.bc.ca/Association/Annual_Seminar/2012/Speaker_Files/Bob_Furlong/CLASSIFY_THE_COMMODITY.pdf>

¹⁴ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems [en línea]. Edición 2019. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2019-02-05]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>>

En la tabla A.20.4.1 del Anexo A de la NFPA 13 se encuentran ejemplos de esta clasificación de mercancías.

➤ **Mercancías Clase II.**

Se define como un producto no combustible en cajones de listones de madera, cajas de madera maciza, cajas de cartón corrugado de múltiples capas o material de embalaje combustible equivalente, con o sin pallets.

La tabla A.20.4.2 del Anexo A de la NFPA 13 contiene ejemplos de mercancías clase II.

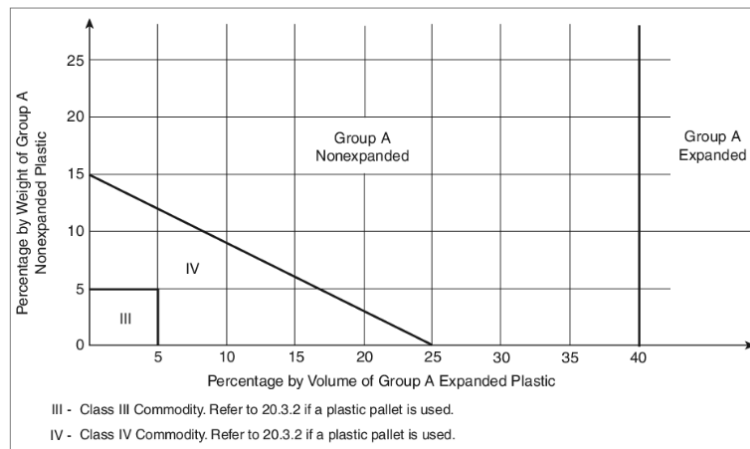
➤ **Mercancías Clase III.**

La norma NFPA 13 define las mercancías clase III como productos elaborados a partir de madera, papel, fibras naturales, o plásticos del Grupo C con o sin cajas de cartón, cajas o cajones de madera, con o sin pallets. Una mercancía Clase III puede contener una cantidad limitada (5% o menos en peso de plástico no expandido o 5% o menos en volumen de plástico expandido) de plásticos del Grupo A o del Grupo B.

Las mercancías clase III que contengan una mezcla de plástico expandido y no expandido del grupo A debe cumplir con la figura 20.4.3.3(a) de la NFPA 13 cuando están dentro de cajas de cartón, cajas o cajones de madera, o con la figura 20.4.3.3(b) cuando están expuestas.

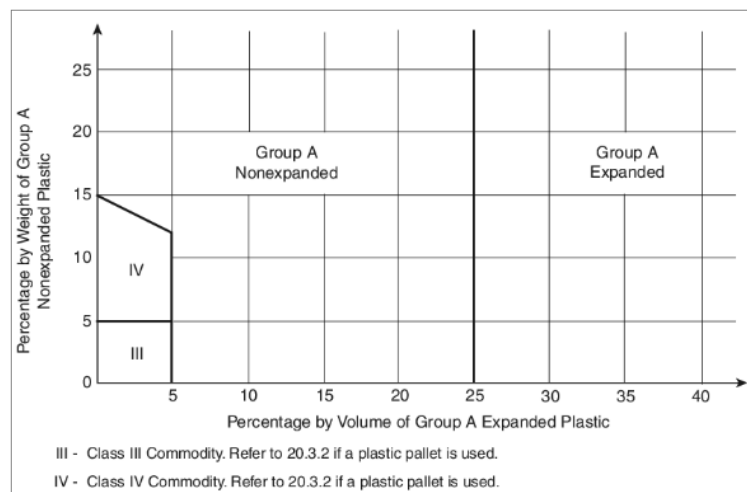
A continuación se muestran las dos figuras mencionadas:

Figura 8. Mercancías que contienen una mezcla de plástico Expandido y No Expandido de grupo A, en cajas de cartón o contenedores de madera



Fuente: NFPA 13, Figura 20.4.3.3(a)

Figura 9. Mercancías Expuestas que contienen una mezcla de plástico Expandido y No Expandido de grupo A



Fuente: NFPA 13, Figura 20.4.3.3(b)

En la tabla A.20.4.3 del Anexo A de la NFPA 13 se encuentran ejemplos de mercancías de clase III.

➤ **Mercancías Clase IV.**

La norma NFPA 13 define las mercancías Clase IV como un producto, con o sin pallets, que cumple uno de los siguientes criterios:

- (1) Construido parcial o totalmente de plástico Grupo B.
- (2) Está compuesto de materiales plásticos de Grupo A de flujo libre (free flowing, plásticos que caen de sus contenedores durante un incendio).
- (3) En cajas de cartón o en un contenedor de madera, que contiene más del 5% y hasta 15% en peso de plástico Grupo A no expandido.
- (4) En cajas de cartón o en un contenedor de madera, que contiene más del 5% y hasta 25% en volumen de plástico Grupo A no expandido.
- (5) En cajas de cartón o en un contenedor de madera, que contiene una mezcla de plástico expandido y no expandido de Grupo A y que cumple con la figura 20.4.3.3(a).
- (6) Mercancías expuestas que contienen más del 5% y hasta 15% en peso de plástico Grupo A no expandido.
- (7) Mercancías expuestas que contienen una mezcla de plástico expandido y no expandido de Grupo A y que cumple con la figura 20.4.3.3(b).

La tabla A.20.4.4 del Anexo A de la NFPA 13 contiene ejemplos de mercancías de Clase IV.

➤ **Clasificación de mercancías plásticas.**

“Las mercancías plásticas se dividen en tres grupos; Grupo A (más alto riesgo), Grupo B, y Grupo C (más bajo riesgo). Si se desconoce el riesgo de un plástico, se debe designar como grupo A. Los plásticos del Grupo A son considerados como mercancías de alto riesgo”¹⁵.

▪ **Plásticos Grupo A.**

- (1) ABS (copolímero de acrilonitrilobutadienoestireno)
- (2) Acetal (poliformaldehído)
- (3) Acrílico (metacrilato de polimetilo)
- (4) Goma de butilo

¹⁵ Fire Prevention Officers Association of British Columbia. Classify the Commodity [en línea]. Vancouver Canada. 2012. [Citado en 2019-01-16]. Disponible en internet: <URL: https://www.fpoa.bc.ca/Association/Annual_Seminar/2012/Speaker_Files/Bob_Furlong/CLASSIFY_THE_COMMODITY.pdf>

- (5) Productos celulósicos (acetato de celulosa, acetato butirato de celulosa, etilcelulosa)
- (6) EPDM (goma de etilenopropileno)
- (7) FRP (poliéster reforzado con fibra de vidrio)
- (8) Caucho natural
- (9) Goma de nitrilo (caucho acrilonitrilo butadieno)
- (10) Nylon (Nylon 6, Nylon 6/6)
- (11) PET (poliéster termoplástico)
- (12) Polibutadieno
- (13) Policarbonato
- (14) Elastómero de poliéster
- (15) Polietileno
- (16) Polipropileno
- (17) Poliestireno
- (18) Poliuretano
- (19) PVC (cloruro de polivinilo altamente plastificado, con contenido plastificador mayor al 20%)
- (20) PVF (fluoruro de polivinilo)
- (21) SAN (estireno acrilonitrilo)
- (22) SBR (goma de estirenobutadieno)

Los plásticos Grupo A se subdividen en Expandidos y No Expandidos.

- Las mercancías de plástico expandido de grupo A se definen como un producto, con o sin pallets, que cumple con uno de los siguientes criterios:
 - (1) En caja de cartón o en un contenedor de madera, con más del 40% en volumen de plástico expandido de grupo A.
 - (2) Mercancía expuesta, que contiene más del 25% en volumen de plástico expandido de grupo A.
- Las mercancías de plástico no expandido de grupo A se definen como un producto, con o sin pallets, que cumple con uno de los siguientes criterios:
 - (1) En caja de cartón, o dentro de un contenedor de madera, con más del 15% en peso de plástico Grupo A no expandido.
 - (2) En caja de cartón, o dentro de un contenedor de madera, con más del 25% y hasta 40% en volumen de plástico Grupo A expandido.
 - (3) En caja de cartón, o dentro de un contenedor de madera, que contiene una mezcla de plásticos Grupo A expandido y no expandido, de acuerdo con la figura 20.4.3.3(a) de la norma NFPA 13.
 - (4) Mercancía expuesta, que contiene más del 15% en peso de plástico Grupo A no expandido.

- (5) Mercancía expuesta, que contiene más de 5% y hasta 25% en volumen de plástico Grupo A expandido.
- (6) Mercancía expuesta, que contiene una mezcla de plásticos Grupo A expandido y no expandido, de acuerdo con la Figura 20.4.3.3 (b) de la norma NFPA 13.

En la tabla A.20.4.5.1 del Anexo A de la NFPA 13 se encuentran ejemplos de mercancías de plásticos del grupo A.

▪ **Plásticos Grupo B.**

Los siguientes materiales se clasifican como grupo B:

- (1) Goma de cloropreno
- (2) Plásticos fluorados (ECTFE – copolímero de etileno-clorotrifluoroetileno; ETFE – copolímero de etileno-tetrafluoroetileno; FEP – copolímero fluorado de etileno-propileno).
- (3) Goma de silicona.

▪ **Plásticos Grupo C.**

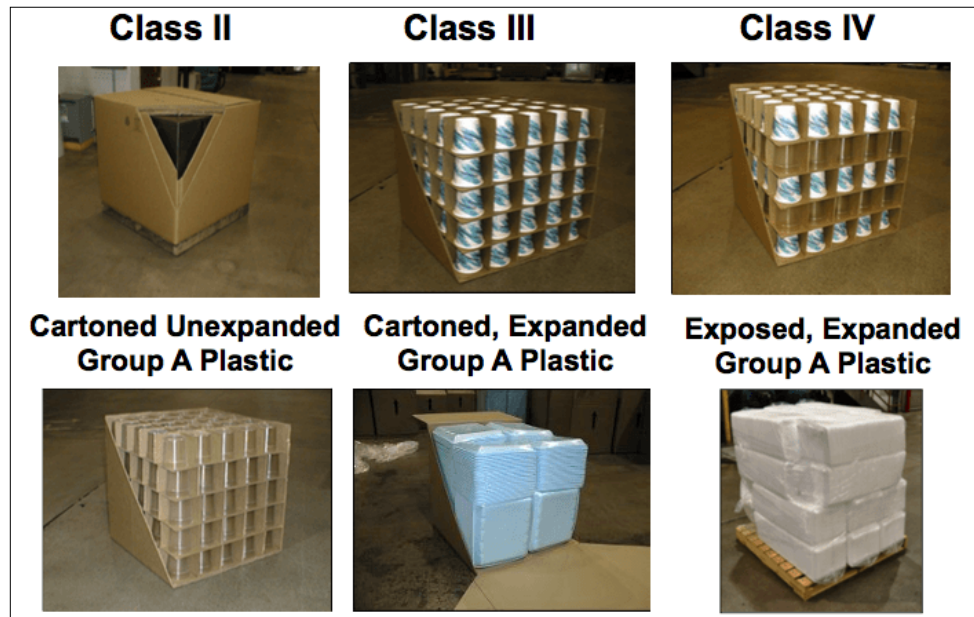
- (1) Plásticos fluorados (PCTFE policlorotrifluoroetileno; PTFE politetrafluoroetileno).
- (2) Melamina formaldehído
- (3) Fenólico
- (4) PVC (cloruro de polivinilo flexible)
- (5) PVDC (cloruro de polivinilideno)
- (6) PVDF (fluoruro de polivinilideno)
- (7) Urea (urea-formaldehído)

Los plásticos grupo B y los de grupo A de flujo libre se deben proteger de la misma forma que las mercancías de clase IV.

Los plásticos de grupo C se deben proteger de igual manera que las mercancías de clase III.

A continuación una figura que ayuda a ilustrar la clasificación de las mercancías.

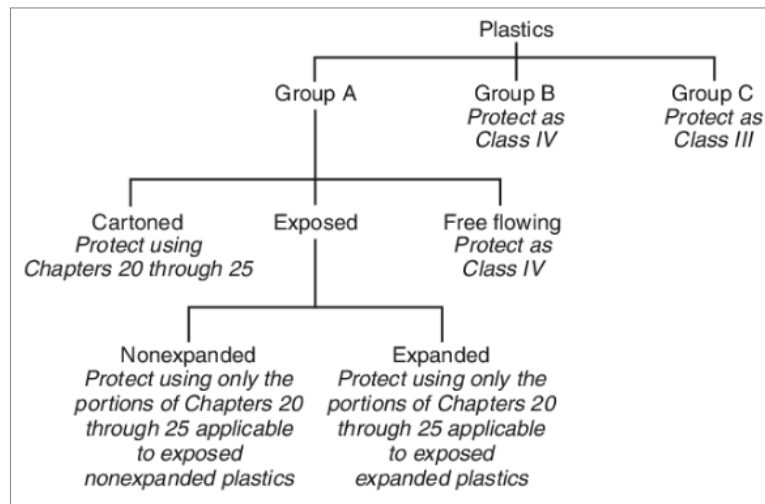
Figura 10. Clasificación de mercancías



Fuente: Página web <https://sprinklerage.com/commodity-classification/>. En esta página se informa que la foto se reimprimió con permiso de Underwriters Laboratories Inc. Copyright 2015 UL LLC.

Las mercancías plásticas se deben proteger de acuerdo con la siguiente figura:

Figura 11. Árbol de decisión en la protección de mercancías plásticas.



Fuente: NFPA 13 edición 2019. Figura 20.4.8.

➤ **Llantas de Caucho.**

Las llantas para automóviles de pasajeros, aeronaves, camiones livianos y pesados, remolques, equipos de agricultura, equipos de construcción, y buses se debe proteger como almacenamiento de llantas de caucho de acuerdo con los capítulos 20 a 25 de la norma NFPA 13.

➤ **Otras clasificaciones de mercancías.**

La norma NFPA 13 define otras clasificaciones para las cuales tiene una sección dentro de los capítulos 20 a 25, tales como almacenamiento de papel en rollos, componentes plásticos de automotores, almacenamiento de archivo en cajas de cartón, entre otros.

2.5.2.2 Tipos de almacenamiento.

La sección 20.5 de la NFPA 13 ayuda a determinar el método de almacenamiento que luego se utilizará para seleccionar, en los capítulos 21 a 25, los criterios de protección apropiados.

2.5.2.3 Altura del almacenamiento y de las construcciones.

La sección 20.6 de la NFPA 13 permite determinar las condiciones del almacenamiento en cuanto a altura de la mercancía almacenada, altura de la bodega y el correspondiente espacio libre entre la mercancía y el techo. Estos factores se deben utilizar para seleccionar, a partir de los capítulos 20 a 25, el sistema de protección adecuado.

2.6 ELEMENTOS DEL SISTEMA

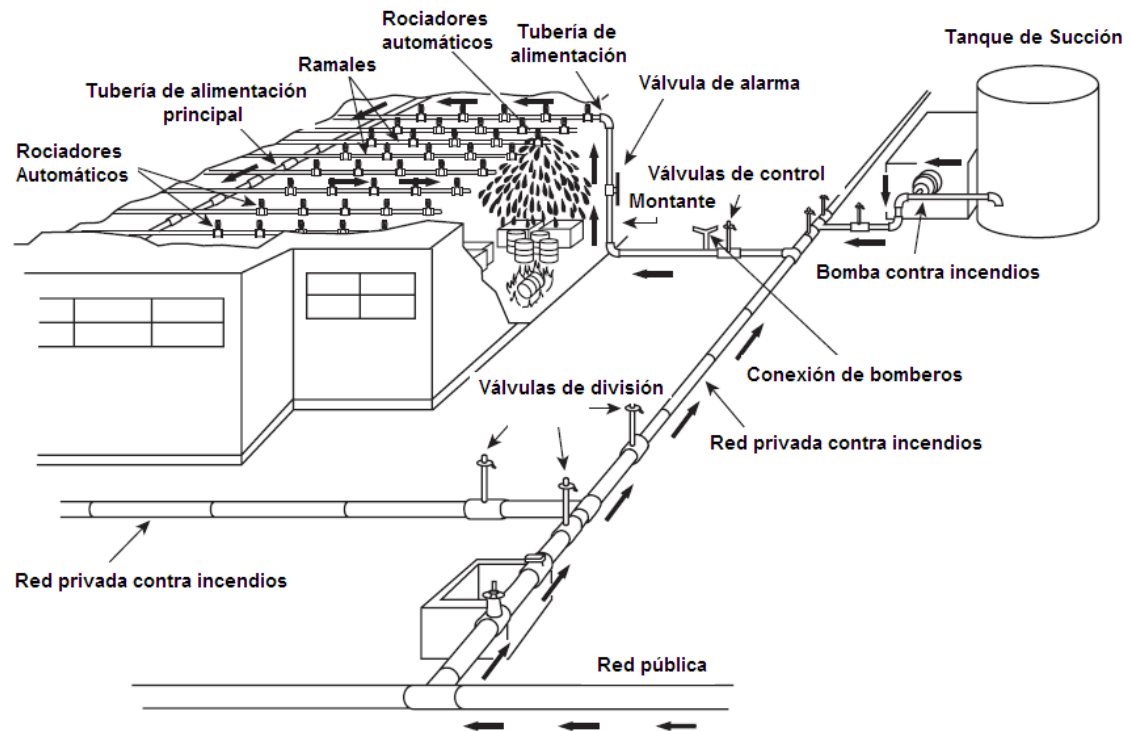
De acuerdo con el objetivo de este proyecto, en el presente capítulo se describe un sistema de protección contra incendios de rociadores automáticos a base de agua.

Los principales componentes de estos sistemas son:

- Fuente de abastecimiento de agua.
- Tuberías o red de distribución.
- Rociadores automáticos.
- Otros componentes.

En la siguiente figura se puede observar un esquema general del sistema de protección contra incendios.

Figura 12. Diagrama de un sistema de rociadores típico y completo.



Fuente. LAKE, James D. Automatic Sprinkler System Handbook, Eleventh Edition.

2.6.1 Fuente de Abastecimiento de Agua.

La norma NFPA 13 establece que la fuente de abastecimiento de agua debe tener la capacidad de proporcionar el caudal a la presión requerida y por el tiempo necesario establecido en el diseño del sistema de rociadores y mangueras.

De acuerdo con el capítulo 5 de la norma NFPA 13 edición 2019, la fuente de abastecimiento puede ser de los siguientes tipos o alguna combinación de ellos:

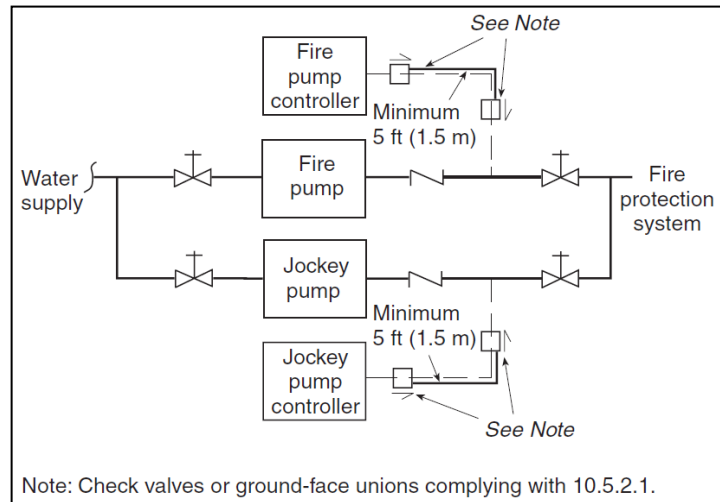
- (1) Conexión a una red confiable de abastecimiento de agua pública o privada de acuerdo con sección 5.2.2 de la NFPA 13.
- (2) Una conexión que incluya una bomba contra incendios de acuerdo con la sección 5.2.3 de la NFPA 13.
- (3) Un tanque de almacenamiento instalado conforme a la norma NFPA 22 y llenado desde una fuente aprobada.
- (4) Una conexión a un tanque de presión de acuerdo con la sección 5.2.4 de la NFPA 13 y llenado desde una fuente aprobada.
- (5) Una conexión a un tanque de gravedad de acuerdo con la sección 5.2.5 de la NFPA 13 y llenado desde una fuente aprobada.
- (6) Una esclusa, canal, río, lago, estanque o un reservorio en concordancia con la sección 5.2.6 de la NFPA 13.
- (7) Fuente de agua reciclada o recuperada.

La norma también establece restricciones sobre el abastecimiento de agua, entre ellos el cuidado y tratamiento que debe tener el agua en caso de ser tomada de una fuente natural como ríos, lagos, o si es agua reciclada o recuperada. Así mismo se establecen condiciones sobre los diámetros mínimos del abastecimiento principal, el cual, en general no debería ser inferior a 6 pulgadas (150 mm), aunque se permitan diámetros menores bajo ciertas circunstancias.

En caso de utilizar una bomba (*fire pump*), la norma NFPA 20 contiene los requisitos para la instalación de bombas estacionarias para sistemas contra incendios.

La bomba contra incendio principal generalmente viene acompañada de una bomba de presurización, bomba auxiliar o bomba *jockey*, que es una pequeña bomba que mantiene constante la presión del sistema y evita que la bomba principal arranque constantemente.

Figura 13. Diagrama de conexión de la bomba *jockey*.



Fuente: NFPA 20 edición 2010. Figura A.4.30(b).

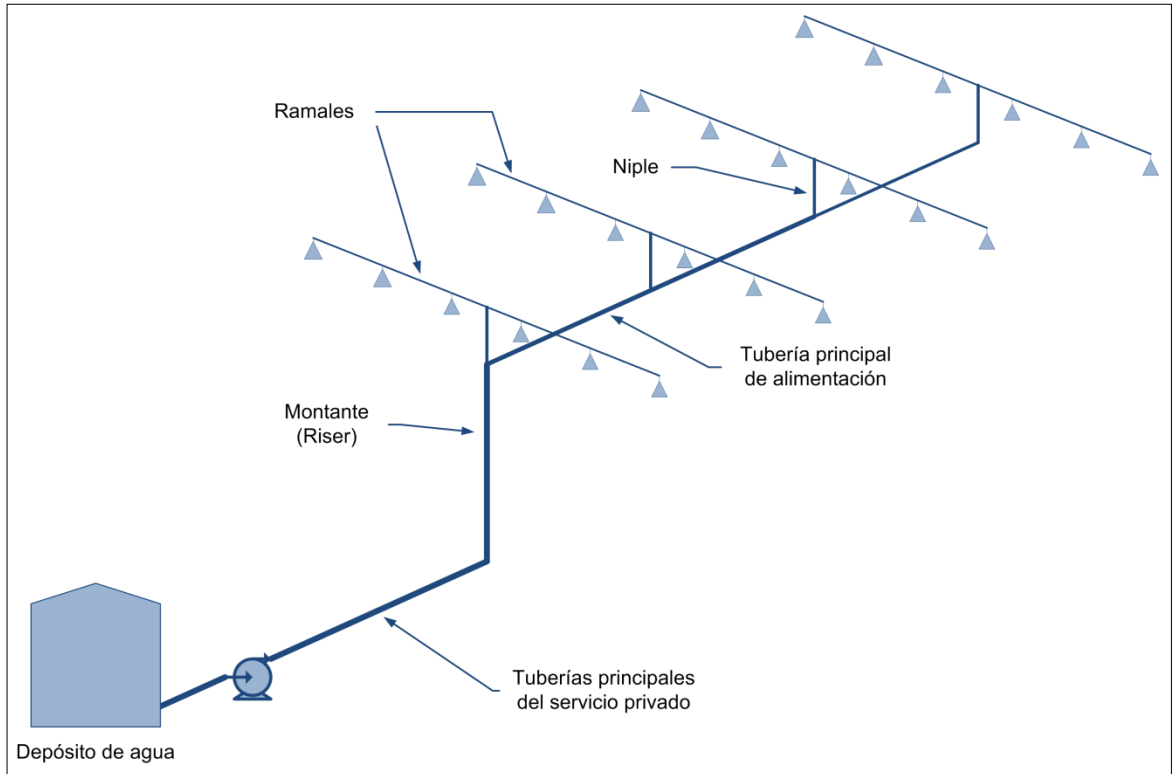
Según Ybirma¹⁶, el paso final en el cálculo hidráulico de un sistema de rociadores, en el que se han obtenido el caudal y la presión requerida por el sistema, es la selección de la bomba, considerando que el caudal nominal debe ajustarse a lo establecido en la norma NFPA 20.

2.6.2 Tuberías o red de distribución.

La tubería del sistema se puede dividir en varias partes como se muestra en la siguiente figura:

¹⁶ YBIRMA, Luis. Cálculo Hidráulico de Sistemas de Rociadores [en línea]. Caracas, Venezuela. Abril 25 de 2017. [Citado en 2019-03-14]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/calculo-hidraulico-sistemas-rociadores/>>

Figura 14. Esquema simplificado de la tubería de un sistema de rociadores.



Fuente: El autor.

Tuberías principales del servicio privado (*Private Fire Service Main*). De acuerdo con la definición, es la tubería que se encuentra entre la fuente de abastecimiento y el montante del sistema. Generalmente es subterránea.

Montante del sistema (*System riser*). Son las tuberías verticales de alimentación de un sistema de rociadores.

Tuberías principales o de alimentación (*Cross main*). Es la tubería que conecta con los ramales de rociadores, ya sea de manera directa o mediante niples.

Niples (*riser nipple*). Pequeño tubo vertical que se usa en algunos casos entre la tubería principal de alimentación y los ramales.

Ramales (*Branch Lines*). Tubería que surte los rociadores.

El capítulo 6 de la norma NFPA 13 edición 2019 establece todas las condiciones para la instalación de tubería subterránea. En el caso de la tubería superficial, se encuentran definidas en la sección 7.3 de la citada norma.

2.6.3 Rociadores Automáticos.

Como ya se ha definido con anterioridad, un rociador automático es un dispositivo de supresión o de control, que se activa automáticamente cuando su elemento termo sensible se calienta a la temperatura de activación, liberando agua en la zona donde se encuentra el fuego.

La ventaja de un sistema de rociadores automáticos sobre otro tipo de sistema de rociadores, es que se activan sólo los rociadores cercanos al lugar donde se está iniciando la amenaza de incendio. En muchos casos, un solo rociador controla o extingue el fuego.

“en contra la preocupación que en ocasiones me han transmitido algunos propietarios de negocios donde se iban a instalar rociadores automáticos, éstos, integrados en un sistema, suelen operar y descargar agua solo en el lugar que se necesita, no sufriendo el resto de la superficie protegida de descargas innecesarias y por tanto no deseables”¹⁷.

2.6.4 Otros componentes del sistema.

Para complementar el sistema se encuentran otras partes como válvula de control, válvula de alarma, sistema de drenaje, conexiones de mangueras o hidrantes.

2.6.4.1 Válvula de control.

Controla la entrada de agua al sistema de rociadores. Esta válvula debe permanecer siempre abierta y sólo se cierra eventualmente para mantenimiento y reparaciones del sistema.

¹⁷ IZQUIERDO, Miguel Ángel. Rociadores Automáticos (*Automatic Sprinklers*): 100 AÑOS DE DESAFÍO CONTRA EL FUEGO. [en línea]. Madrid, España. Julio 4 de 2016. Comité Sistemas Fijos. TECNIFUEGO-AESPI. [Citado en 2018-01-23]. Disponible en internet: <URL: <https://www.tecnifuego.org/es/comunicacion/articulos-tecnicos/rociadores-automaticos-automatic-sprinklers-100-anos-de-desafio-contra-el-fuego/15/93>>.

2.6.4.2 Válvula de alarma.

Cuando un rociador se activa, la válvula de alarma se abre permitiendo el paso de agua que activa la alarma del sistema.

2.6.4.3 Sistema de drenaje.

Todo sistema de rociadores automáticos debe contar con un sistema de drenaje que permita la adecuada evacuación del agua ante la activación de los rociadores.

2.6.4.4 Conexiones de mangueras o hidrantes.

Así mismo, dependiendo del tipo de construcción y su ocupación, generalmente se usan sistemas de mangueras y tomas de bomberos para la extinción manual del fuego. Así lo establece la norma NSR-10 en la sección J.4.3, sin embargo, los criterios de diseño se encuentran en la norma NFPA 14.

Las tomas de bomberos son hidrantes generalmente externos a la edificación. Las tomas de mangueras son conexiones internas generalmente colocadas en un gabinete que se compone de varios elementos que pueden ser: manguera, boquilla, válvula, extintor y hacha.

2.7 EJEMPLO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

En la presente sección se mostrará con un ejemplo, cómo integrar los conceptos vistos, de tal manera que el lector pueda entender con facilidad los pasos que debe seguir al realizar los cálculos de un sistema de protección contra incendios de rociadores automáticos.

En primer lugar se aclara que el ejemplo se basará en un diseño mediante cálculos hidráulicos, ya que el método de “diseño por tablas” es demasiado simple pues como ya se vio, consiste en seleccionar desde unas tablas, el diámetro de tuberías, presión, caudal y tiempo de duración del abastecimiento de agua.

En el método de diseño por cálculos hidráulicos se obtendrán los requerimientos de presión y caudal del sistema, calculando las pérdidas por fricción en tuberías y accesorios. Sin embargo, la duración de la fuente de abastecimiento se obtendrá de tablas, que no sobra decir, son diferentes a las del método de diseño por tablas.

La norma NFPA 13 no coloca límite a la velocidad del agua en la tubería cuando en los cálculos hidráulicos se usan las fórmulas de *Hazen-Williams* o las de *Darcy-Weisbach* para obtener las pérdidas por fricción. Así mismo establece que el diámetro de la tubería, número de rociadores por ramal y el número de ramales (*branch lines*) por tubería principal de alimentación (*cross main*) estarán limitados únicamente por el suministro de agua disponible.

Así las cosas, el diseñador tiene libertad de elegir los diámetros de la tubería de tal forma que se minimicen las pérdidas.

En la práctica, para realizar estos cálculos se utilizan programas de computadora como PIPE-FLO o HIDCAL, entre otros, que permiten variar los datos para optimizar los diámetros, obtener resultados de mucha confiabilidad y en menor tiempo.

Sin embargo, para realizar los cálculos de forma manual (aunque es un método ineficiente en cuanto a tiempo se refiere) existe la posibilidad de utilizar nomogramas, que son gráficos que involucran cuatro variables: caudal, velocidad, diámetro de tubería y porcentaje de pérdidas, de tal manera que conociendo el caudal se puede definir un límite en el porcentaje de pérdidas y teniendo en cuenta que la NFPA 13 no limita la velocidad, se pueden obtener los diámetros de la tubería.

Un ejemplo de la selección de diámetros por medio de nomogramas se muestra en el siguiente video de Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=fyTffY7qmFk&t=415s> [citado en 27 de marzo de 2019]

En este video colocan como datos de entrada la velocidad y el porcentaje de pérdidas. Para el caso del diseño de la tubería para un sistema de rociadores, los parámetros de entrada deben ser el caudal y el porcentaje de pérdidas y con base en ellos, variar la velocidad para obtener un diámetro, o al contrario elegir un diámetro de tubería, lo cual dará como resultado una velocidad de flujo.

Para la descripción de los pasos a seguir en el cálculo hidráulico se toma como base el procedimiento seguido por Ybirma^{18 19} en su página de internet, con algunas modificaciones tratando de mejorar la comprensión.

1. Identificar la clasificación de la ocupación a ser protegida.

Según se vio en secciones anteriores, la norma NFPA 13 establece cinco posibles clasificaciones del riesgo de ocupación a saber: Riesgo Leve, Riesgo Ordinario (grupos 1 y 2) y Riesgo Extra (grupos 1 y 2).

¹⁸ YBIRMA, Luis. Cálculo Hidráulico de Sistemas de Rociadores [en línea]. Caracas, Venezuela. Abril 25 de 2017. [Citado en 2019-03-18]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/calculo-hidraulico-sistemas-rociadores/>>

¹⁹ YBIRMA, Luis. Cálculo Sistema de Rociadores - Ejemplo, Parte 1 y Parte 2 [en línea]. Caracas, Venezuela. Noviembre 15 de 2017. [Citado en 2019-03-18]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/ejemplo-calculo-de-sistemas-de-rociadores-parte-i/> y <http://www.contraincendio.com.ve/calculo-sistema-de-rociadores-ejemplo-parte-2/>>

Para este ejemplo se supondrá que se va a proteger una edificación clasificada en Riesgo Ordinario Grupo 2 (En inglés se puede encontrar como OH2, *Ordinary Hazard group 2*)

2. Determinar el área de diseño y la densidad de flujo requerida.

Este punto se toma de las curvas densidad/área de la figura 6. Así mismo, como ya se había mencionado, el diseñador puede elegir cualquier punto dentro de la línea que corresponde a riesgo ordinario 2. Para el presente caso se elegirá el punto (0.2, 1500), es decir una densidad de flujo D_d de agua de 0.2 gpm/pie² y un área de diseño A de 1500 pie².

3. Determinar el área de cobertura de rociadores.

Como se vio en secciones anteriores, el área de cobertura de un rociador se obtiene al multiplicar las dimensiones S y L (distancia entre rociadores a lo largo de un ramal y distancia entre ramales respectivamente). Para efectos del presente ejemplo se van a utilizar rociadores pulverizadores estándar descritos en el capítulo 10 de la norma NFPA 13 edición 2019.

La tabla 10.2.4.2.1(b) de la mencionada norma establece un área de 130 pie² y un máximo espaciamiento entre rociadores de 15 pies (para riesgo ordinario), para el tipo de rociadores del ejemplo.

De acuerdo con lo anterior podemos elegir $S=12$ y $L=10$ y el área de cobertura de cada rociador $A_s = 12 \times 10 = 120$ pie², lo cual cumple con las condiciones de área y distancia máximas.

Tabla 12. Condiciones de área y distancia máximas. Riesgo Ordinario

Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	Área de Protección		Máximo Espaciamiento	
		ft ²	m ²	ft	m
Todas	Todos	130	12	15	4.6

Fuente. NFPA 13 edición 2019. Figura 10.2.4.2.1

En el punto 5 de este proceso se encuentra la gráfica general del área a proteger.

4. Determinar el número de rociadores contenidos en el área de diseño.

El número de rociadores en el área de diseño resulta de dividir el área diseño entre el área de cobertura de un rociador. En el presente ejemplo el número de rociadores $N_s=1500/120=12.5$ que se debe aproximar a 13 rociadores de acuerdo con lo establecido en la norma.

5. Establecer el perfil del área de diseño.

Como ya se vio en secciones anteriores el lado más largo del área de diseño debe ser paralelo a la dirección de los ramales y por lo menos 1.2 veces la raíz cuadrada del área de diseño.

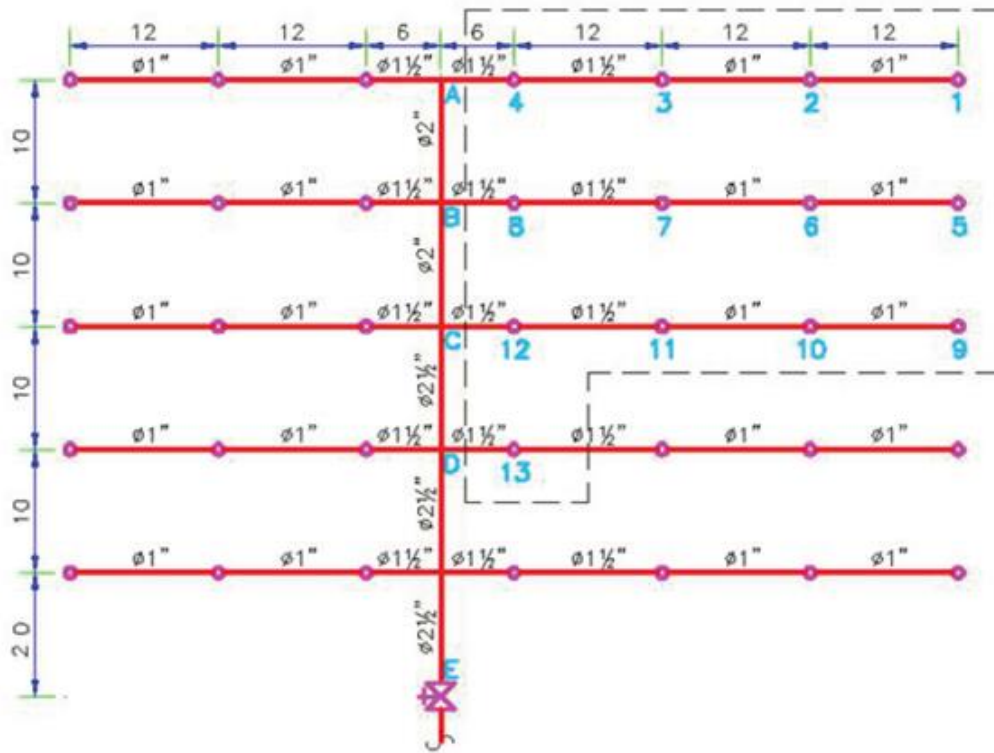
$$W = 1.2\sqrt{A} = 1.2\sqrt{1500} = 46.48 \text{ pies}$$

El número de rociadores en el ramal (N_{sl}) se obtiene dividiendo este resultado entre la distancia entre rociadores S. Con $S=12$ pies se tiene:

$$N_{sl} = \frac{46.48}{12} = 3.87 \cong 4 \text{ rociadores}$$

Se tiene entonces que el área de diseño debe tener 13 rociadores, 4 rociadores por ramal, por lo tanto, la mencionada área debe tener la forma que se muestra en la siguiente figura:

Figura 15. Área de diseño



Fuente: <http://www.contraincendio.com.ve/ejemplo-calculo-de-sistemas-de-rociadores-parte-i/>

En esta figura las longitudes están expresadas en pies y los diámetros en pulgadas. El área de diseño está encerrada entre líneas punteadas y los rociadores dentro de ella enumerados iniciando en el rociador más alejado.

Se ha colocado un solo rociador en un cuarto ramal, teniendo en cuenta lo definido en el numeral 27.2.4.2.3 de la NFPA 13 que establece que cuando los rociadores de un ramal sean insuficientes para cumplir con los requerimientos del lado más largo del área de diseño, dicha área se debe extender para incluir rociadores en ramales adyacentes alimentados por la misma tubería principal.

6. Calcular el caudal mínimo requerido en el primer rociador.

El cálculo debe iniciar en el rociador más alejado, identificado con el número 1. El caudal mínimo que debe entregar este rociador q_1 se obtiene multiplicando la densidad de flujo D_d por el área de cobertura del rociador A_s .

$$q_1 = D_d \times A_s = 0.2 \frac{gpm}{pie^2} \times 120 pie^2 = 24 gpm$$

7. Calcular la presión mínima requerida en el primer rociador.

Debemos utilizar la fórmula para flujo en orificios para el rociador número 1:

$$q_1 = k\sqrt{P_1}; \rightarrow P_1 = \left(\frac{q_1}{k}\right)^2$$

Donde:

q_1 : Caudal del rociador 1

P_1 : Presión del rociador 1

k : Coeficiente de descarga del rociador.

Para el presente ejemplo se va a asumir un coeficiente de descarga de 5.6 por lo tanto la presión en el rociador 1 P_1 es de 18.37 psi.

En este caso, esta presión satisface los requerimientos de presión mínima (7 psi) establecidos por la norma NFPA 13 en el numeral 27.2.4.11.1.

8. Calcular la pérdida por fricción entre los rociadores 1 y 2.

Retomando la ecuación de Hazen-Williams en la forma mostrada por la NFPA 13 se tiene:

$$p = 4.52 * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}}$$

Donde:

p = pérdidas por fricción por unidad de longitud de tubería (psi/pie)

Q = Caudal (gpm)

C = Coeficiente de pérdidas por fricción

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

De la tabla 27.2.4.8.1 de la NFPA 13 edición 2019 se toma el valor de C , que para este ejemplo será 120. Para el tramo 2 a 1 se tiene un caudal de 24 gpm.

Para los diámetros reales de tubería vamos a usar la tabla A.16.3.2 de la NFPA 13 edición 2019 para acero cédula 40, cuyos datos se resumieron en la sección de método de cálculos hidráulicos del presente informe. De dicha tabla se tiene que para un diámetro nominal de 1 pulgada, el diámetro real es 1.049 pulgadas que es el dato a utilizar en la fórmula de Hazen-Williams.

Al evaluar la fórmula con estos datos se tiene:

$$p_{2-1} = 4.52 * \frac{24^{1.85}}{120^{1.85} 1.049^{4.87}} = 0.18 \text{ psi/pie}$$

La pérdida por fricción entre los rociadores 2 y 1 es de 0.18 psi/pie. La separación entre estos rociadores es de 12 pies, por lo tanto la pérdida de presión en este tramo P_{f2-1} es de 2.16 psi.

9. Obtener la presión en el rociador 2.

La pérdida por fricción entre los rociadores 2 y 1 se suma a la presión en el primer rociador para obtener la presión requerida en el rociador 2 (P_2).

$$P_2 = P_1 + P_{f2-1} = 18.37 \text{ psi} + 2.16 \text{ psi} = 20.53 \text{ psi}$$

10. Calcular el caudal del rociador 2.

$$q_2 = k\sqrt{P_2} = 25.37 \text{ gpm}$$

11. Calcular la pérdida por fricción entre los rociadores 3 y 2.

El caudal que pasa en el tramo 3 a 2 es la suma de los caudales de los rociadores 1 y 2, es decir $Q_{3-2} = q_1 + q_2 = 49.37 \text{ gpm}$. El diámetro nominal es de 1 pulgada. Con estos datos en la fórmula de Hazen-Williams se obtiene: $p_{3-2} = 0.69 \text{ psi/pie}$

La longitud del tramo 3-2 es 12 pies, por tanto la pérdida de presión $P_{f3-2} = 8.28 \text{ psi}$

12. Obtener la presión en el rociador 3.

La pérdida de presión de 3 a 2 se suma a la presión del rociador 2 y se tiene que $P_3 = 20.53 \text{ psi} + 8.28 \text{ psi} = 28.81 \text{ psi}$

13. Calcular el caudal por el rociador 3.

$$q_3 = k\sqrt{P_3} = 30.06 \text{ gpm}$$

14. Calcular la pérdida por fricción entre los rociadores 4 y 3.

El caudal que circula entre 4 y 3 es la suma del caudal del rociador 3 más el caudal entre 3 y 2: $Q_{4-3} = q_3 + Q_{3-2} = 30.06 \text{ gpm} + 49.37 \text{ gmp} = 79.43 \text{ gpm}$. La tubería de 1^{1/2} pulgadas tiene un diámetro real de 1.610 pulgadas.

En adelante se mencionará sólo el diámetro nominal con base en el cual se debe buscar en la tabla A.16.3.2 de la NFPA 13 edición 2019 para acero cédula 40, el correspondiente diámetro real.

Aplicando Hazen-Williams se encuentra que $p_{4-3} = 0.21 \text{ psi/pie}$ y con una longitud de 12 pies, la pérdida por fricción entre 4 y 3 es $P_{f_{4-3}} = 2.52 \text{ psi}$

15. Obtener la presión en el rociador 4.

La pérdida por fricción entre los rociadores 4 y 3 se suma a la presión en el rociador 3 para obtener la presión requerida en el rociador 4.

$$P_4 = P_3 + P_{f_{4-3}} = 28.81 \text{ psi} + 2.52 \text{ psi} = 31.33 \text{ psi}$$

16. Calcular el caudal por el rociador 4.

$$q_4 = k\sqrt{P_4} = 31.34 \text{ gpm}$$

17. Calcular la pérdida por fricción entre el punto A y el rociador 4.

La pérdida por fricción entre el rociador 4 y la intersección con el tubo colector debe incluir el accesorio de conexión. El diámetro del accesorio lo determina el diámetro del ramal. En este ejemplo, aunque hay una Te el flujo no se divide ya que los rociadores del lado izquierdo no se incluyen en el área de diseño; por lo tanto, se considera como un codo de 90°.

Con un diámetro de $1^{1/2}$ pulgadas se consulta en la tabla 27.2.3.1.1 de la norma NFPA 13 edición 2019 y se tiene que para un codo de 90° la longitud equivalente es de 4 pies.

El caudal que pasa entre A y el rociador 4 es la suma de los caudales del rociador 4 más el caudal entre 4 y 3:

$$Q_{A-4} = q_4 + Q_{4-3} = 31.34 + 79.43 = 110.77 \text{ gpm}$$

Con tubería de $1^{1/2}$ pulgadas se tiene que la pérdida por unidad de longitud es:

$$p_{A-4} = 0.38 \text{ psi/pie}$$

Para encontrar la pérdida de presión entre A y 4 se debe sumar la longitud equivalente del accesorio, en este caso 4 pies, con la longitud del tramo A a 4, que es de 6 pies. Así las cosas, la pérdida de presión es:

$$\begin{aligned} P_{f_{4-3}} &= p_{A-4} * (\text{long equiv accesorio} + \text{tramo A} - 4) = 0.38 \frac{\text{psi}}{\text{pie}} * (4 + 6) \text{ pies} \\ &= 3.8 \text{ psi} \end{aligned}$$

18. Obtener la presión en el punto A.

La pérdida por fricción entre el punto A y el rociador 4 se suma a la presión en el rociador 4 para obtener la presión requerida en el punto A.

$$P_A = P_4 + P_{f_{A-4}} = 31.33 \text{ psi} + 3.8 \text{ psi} = 35.13 \text{ psi}$$

19. Calcular un “factor K” para el ramal.

Una vez calculado el primer ramal del área de diseño y conociendo los requerimientos de presión y caudal en el punto de intersección entre la tubería de alimentación y el ramal, se puede establecer un factor K para todo el ramal, con el fin de simplificar los cálculos subsiguientes, pues este factor es igual para los ramales que tengan características similares. De esta forma, los cálculos para los demás ramales ya no se harán para cada rociador sino para el ramal completo. Para el caso del ejemplo se tiene en el punto A:

$$K_{ramal} = \frac{Q_{A-4}}{\sqrt{P_A}} = \frac{110.77 \text{ gpm}}{\sqrt{35.13 \text{ psi}}} = 18.69$$

20. Calcular la pérdida por fricción entre los puntos B y A.

El caudal que circula entre B y A es el mismo que va de A a 4

$$Q_{B-A} = 110.77 \text{ gpm}$$

De acuerdo con las dimensiones propuestas en el gráfico, el diámetro entre B y A es de 2 pulgadas (con diámetro real de 2,067 pulgadas).

Con estos dos datos y la ecuación de Hazen-Williams se obtiene:

$$p_{B-A} = 0.11 \text{ psi/pie}$$

Con una distancia de 10 pies entre B y A, la pérdida de presión es $P_{f_{B-A}} = 1.1 \text{ psi}$

21. Obtener la presión en el punto B.

La pérdida de presión entre B y A se suma a la presión en el punto A para obtener la demanda de presión en B

$$P_B = 1.1 \text{ psi} + 35.13 \text{ psi} = 36.23 \text{ psi}$$

22. Calcular el caudal que sale hacia el ramal conectado en el punto B.

Con el K del ramal y la presión en el punto B se tiene

$$q_{B-8} = K_{ramal} \sqrt{P_B} = 18.69 \sqrt{36.23} = 112.5 \text{ gpm}$$

23. Calcular la pérdida por fricción entre los puntos C y B.

El caudal entre C y B es la suma del caudal del ramal que sale de B (q_{B-8}) más el caudal que va de B a A (Q_{B-A}).

$$Q_{C-B} = 112.5 \text{ gpm} + 110.77 \text{ gpm} = 223.27 \text{ gpm}$$

Con el diámetro de 2 pulgadas se tiene que

$$p_{C-B} = 0.42 \text{ psi/pie}$$

Con la distancia de 10 pies entre C y B la pérdida de presión es

$$P_{f_{C-B}} = 4.2 \text{ psi}$$

24. Obtener la presión en el punto C.

$$P_C = 4.2 \text{ psi} + 36.23 \text{ psi} = 40.43 \text{ psi}$$

25. Calcular el caudal que sale hacia el ramal conectado en el punto C.

$$q_{C-12} = K_{ramal} \sqrt{P_C} = 18.69 \sqrt{40.43} = 118.84 \text{ gpm}$$

26. Calcular la pérdida por fricción entre los puntos D y C.

El caudal que circula entre D y C es la suma del caudal de C a B más el caudal de C a 12:

$$Q_{D-C} = 223.27 \text{ gpm} + 118.84 \text{ gpm} = 342.11 \text{ gpm}$$

Con diámetro nominal de 2^{1/2} pulgadas, la pérdida por unidad de longitud es:

$$p_{D-C} = 0.38 \text{ psi/pie}$$

$$P_{f_{D-C}} = 0.38 \frac{\text{psi}}{\text{pie}} * 10 \text{ pie} = 3.8 \text{ psi}$$

27. Obtener la presión en el punto D.

La pérdida por fricción entre los puntos D y C se suma a la presión en el punto C para obtener la presión requerida en el punto D.

$$P_D = 3.8 \text{ psi} + 40.43 \text{ psi} = 44.23 \text{ psi}$$

28. Calcular un factor K para la intersección del ramal en el punto D.

Para la intersección del ramal en el punto D no se puede utilizar el factor K que se ha utilizado en las otras intersecciones, porque son distintas, por lo que se procede a determinar un factor K para dicha intersección.

Al igual que para el rociador 1, el caudal mínimo requerido en el rociador 13 se determina multiplicando la densidad de descarga por el área de cobertura del rociador:

$$q_{13} = 0.2 \frac{gpm}{pie^2} * 120 pie^2 = 24 gpm$$

La presión mínima requerida en el rociador 13 es $p_{13} = \left(\frac{q_{13}}{K}\right)^2 = \left(\frac{24}{5.6}\right)^2 = 18.37 psi$

Pérdida por fricción entre el punto D y el rociador 13:

Con el caudal de 24 gpm y diámetro nominal de $1^{1/2}$:

$$p_{D-13} = 0.023 psi/pie$$

La pérdida por fricción debe incluir la distancia de D a 13 que es de 6 pies y la longitud equivalente de la Te en la intersección, que para un diámetro de $1^{1/2}$ es de 8 pies:

$$P_{f_{D-13}} = 0.023 \frac{psi}{pie} * (6 + 8) pies = 0.32 psi$$

Presión en el punto D:

$$P'_D = 0.32 psi + 18.37 psi = 18.69 psi$$

Con la presión P'_D y el caudal q_{13} se determina el factor K (para este tipo de ramal) utilizando la ecuación de flujo por orificios: $K_2 = \frac{24 gpm}{\sqrt{18.69}} = 5.55$

29. Calcular el caudal que sale hacia el ramal conectado en el punto D.

En el punto D se tienen 2 valores de presión: $P_D = 44.23 psi$ (obtenida en el paso 27) y $P'_D = 18.69 psi$ (obtenida en el paso 28). Es claro que en cualquier punto de un sistema sólo puede haber un valor de presión y debe ser la presión mayor. Por ello, se ajusta el caudal que va hacia el rociador 13 mediante la ecuación de flujo por orificios, utilizando la presión P_D y K_2

$$q_{D-13} = K_2 \sqrt{P_D} = 5.55 \sqrt{44.23} = 36.91 gpm$$

30. Calcular la pérdida por fricción entre el punto E y el punto D.

El caudal de E a D es la suma de el caudal de D a C más el caudal D a 13

$$Q_{E-D} = Q_{D-C} + q_{D-13} = 342.11 \text{ gpm} + 36.91 \text{ gpm} = 379.02 \text{ gpm}$$

El diámetro de E a D es $2^{1/2}$, por lo tanto las pérdidas por unidad de longitud son:

$$p_{E-D} = 0.47 \text{ psi/pie}$$

Se considera que hay un codo a 90° que conecta a la tubería principal de alimentación (*cross main*), que con un diámetro de $2^{1/2}$ tiene una longitud equivalente de 6 pies. Además la distancia total de E a D es de 20 pies, por lo tanto la pérdida por fricción es:

$$P_{f_{E-D}} = 0.47 \text{ psi/pie}(20 + 6)\text{pies} = 12.22 \text{ psi}$$

Adicionalmente, entre E y D hay un desnivel de 15 pies, que deben ser considerados al calcular la presión, de acuerdo con el numeral A.19.3.2.6 de la norma NFPA 13 edición 2019. La presión adicional necesaria para abastecer agua a esta altura es:

$$P_h = 0.433 \text{ psi/pie} * h = 6.5 \text{ psi}$$

31. Obtener la presión en el punto E.

$$P_E = P_h + P_{f_{E-D}} + P_D = 6.5 \text{ psi} + 12.22 \text{ psi} + 44.23 \text{ psi} = 62.95 \text{ psi}$$

Hasta el momento, la demanda del sistema es de 379.02 gpm @ 62.95 psi. Sin embargo en el caudal debe considerarse la asignación para mangueras de acuerdo con la tabla 19.3.3.1.2 de la NFPA 13 edición 2019, que para riesgo ordinario que es el caso del ejemplo en cuestión, agrega un caudal de 250 gpm.

Así las cosas, el abastecimiento de agua se debe entregar en la base del montante 629 gpm @ 62.95 psi.

“Como puede verse, el cálculo de sistemas de rociadores es un proceso bastante largo, laborioso y tedioso, y si no se tiene el debido cuidado se pueden cometer

errores. Afortunadamente existen programas de computadoras que permiten realizar estos cálculos de una manera más rápida y sencilla, pero, es importante conocer la metodología para poder utilizar eficientemente dichos programas, dado que, igualmente los resultados resultarán erróneos si no se introducen bien los datos²⁰.

²⁰ YBIRMA, Luis. Cálculo Sistema de Rociadores - Ejemplo, Parte 2 [en línea]. Caracas, Venezuela. Noviembre 21 de 2017. [Citado en 2019-03-20]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/calculo-sistema-de-rociadores-ejemplo-parte-2/>>

3. CONCLUSIONES

- Se identificó y plasmó en un documento una síntesis de la normatividad relacionada con los sistemas de protección contra incendios. Se encontró que Colombia cuenta con la norma NSR-10 que es un reglamento básico que da los primeros lineamientos y que indica cuándo debe instalarse un sistema contra incendios.
- La NSR-10 define que para el diseño deben utilizarse las normas NTC (colombianas) y las NFPA (internacionales). Al revisar el contenido de las normas NTC se encontró que, en cuanto a protección contra incendios, éstas son una copia de las normas NFPA, por lo que, para los diseños dentro del territorio colombiano es suficiente con utilizar las normas NFPA, las cuales se pueden encontrar actualizadas en la página www.nfpa.org.
- Basado en la norma NFPA 13 se explica de manera sencilla y usando gráficas, los elementos que componen el sistema de rociadores automáticos y la norma que se debe utilizar para la selección de cada uno de ellos.
- El proyecto plantea una metodología paso a paso para desarrollar los cálculos hidráulicos con los que se obtienen los requisitos de presión y caudal para el sistema, de tal manera que el usuario pueda incorporar fácilmente los conceptos y aplicarlos a sus requerimientos.
- A pesar de que existen programas de computadora para realizar los cálculos hidráulicos del sistema, es necesario conocer el proceso para poder verificar los resultados.

BIBLIOGRAFIA

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems [en línea]. Edición 2019. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2018-11-20]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13> >

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 14. Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems [en línea]. Edición 2016. NFPA Quincy, Massachusetts. [Citado en 2018-11-20]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=14>>.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 20. Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection [en línea]. Edición 2019. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2019-02-05]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=20>>.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 22. Norma para Tanques de Agua para la Protección Contra Incendios Privada [en línea]. Edición 2018. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2018-11-21]. Disponible en internet <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=22>>.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 25. Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a base de Agua [en línea]. Edición 2017. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2018-11-21]. Disponible en internet <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=25>>.

TORRES, Nicolás Felipe. Diseño del sistema de protección contra incendios con base a extinción automática para el edificio Aquinate de la Universidad Santo

Tomás. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Bogotá D.C. Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería Mecánica. División de Ingenierías, 2016. 73 p.

RUIZ TELLEZ, Oscar Javier. Sistemas hidráulicos de protección contra incendios, Diseño, construcción, operación y mantenimiento. Trabajo de grado magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente. Bogotá D.C. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 2016. 154 p.

BLANCO DUARTE, Miguel Ángel y MARTÍNEZ JAMAICA, Jeyson Fernando. Guía Para El Diseño De Sistemas De Protección Contra Incendios, Enfocada En Redes Internas De Edificaciones. Trabajo de grado ingeniero civil. Bogotá D.C. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa De ingeniería Civil. 2016. 80 p.

YBIRMA, Luis. Clasificación de las Ocupaciones Según NFPA 13 [en línea]. Caracas, Venezuela. Septiembre 7 de 2017. [Citado en 2018-11-13]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/clasificacion-de-las-ocupaciones-segun-nfpa-13/>>.

LAKE, James D. Automatic Sprinkler Systems Handbook. National Fire Protection Association®, Quincy, Massachusetts. 2010 Eleventh Edition.

YBIRMA, Luis. Métodos de diseño. Sistemas de rociadores [en línea]. Caracas, Venezuela. Abril 22 de 2018. [Citado en 2018-11-15]. Disponible en internet: <<http://www.contraincendio.com.ve/metodos-de-diseno-sistemas-de-rociadores/>>.

YBIRMA, Luis. Protección de almacenes con rociadores – II [en línea]. Caracas, Venezuela. Septiembre 22 de 2018. [Citado en 2019-01-16]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/proteccion-contra-incendios-de-almacenes-2/>>

Fire Prevention Officers Association of British Columbia. Classify the Commodity [en línea]. Vancouver Canada. 2012. [Citado en 2019-01-16]. Disponible en internet: <URL: [https://www.fpoa.bc.ca/Association/Annual Seminar/2012/Speaker Files/Bob Furlong/CLASSIFY THE COMMODITY.pdf](https://www.fpoa.bc.ca/Association/Annual%20Seminar/2012/Speaker%20Files/Bob%20Furlong/CLASSIFY%20THE%20COMMODITY.pdf)>.

YBIRMA, Luis. Cálculo Hidráulico de Sistemas de Rociadores [en línea]. Caracas, Venezuela. Abril 25 de 2017. [Citado en 2019-03-14]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/calculo-hidraulico-sistemas-rociadores/>>.

IZQUIERDO, Miguel Ángel. Rociadores Automáticos (*Automatic Sprinklers*): 100 AÑOS DE DESAFÍO CONTRA EL FUEGO. [en línea]. Madrid, España. Julio 4 de 2016. Comité Sistemas Fijos. TECNIFUEGO-AESPI. [Citado en 2018-01-23]. Disponible en internet: <URL: <https://www.tecnifuego.org/es/comunicacion/articulos-tecnicos/rociadores-automaticos-automatic-sprinklers-100-anos-de-desafio-contra-el-fuego/15/93>>.

YBIRMA, Luis. Cálculo Sistema de Rociadores - Ejemplo, Parte 1 [en línea]. Caracas, Venezuela. Noviembre 15 de 2017. [Citado en 2019-03-18]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/ejemplo-calculo-de-sistemas-de-rociadores-parte-i/>>

YBIRMA, Luis. Cálculo Sistema de Rociadores - Ejemplo, Parte 2 [en línea]. Caracas, Venezuela. Noviembre 21 de 2017. [Citado en 2019-03-18]. Disponible en internet: <URL: <http://www.contraincendio.com.ve/calculo-sistema-de-rociadores-ejemplo-parte-2/>>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. Bogotá D.C.: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, 406 p.

CONSEJO DE ESTADO, Sala de lo Contencioso Administrativo. (05 de febrero de 2015) Expediente 25000232400020060045701. [CP: María Claudia Rojas Lasso]

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA en Latino América [en línea]. [Citado en 2019-03-13]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpajla.org/nfpa-en-latinoamerica/nfpa-en-espanol/>>

ANEXOS

ANEXO A. Normatividad

NORMAS NFPA

1. Norma NFPA 13

La NFPA 13 es la *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores*. En el presente proyecto se tomó como referencia la edición 2019 en idioma inglés. En ella se pueden resaltar el alcance, propósito y aplicación de la siguiente manera:

Alcance.

La norma NFPA 13 proporciona los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos. En esta norma no se encuentran los requisitos de diseño de sistemas de agua nebulizada, ya que estos no deben ser considerados sistemas de rociadores.

De otro lado, en esta norma se asume que el sistema de rociadores debe estar diseñado para la protección de un único incendio que se origine dentro de la construcción o edificio.

Propósito.

El propósito de esta norma es proporcionar un grado razonable de protección contra incendios, con el fin de proteger la vida humana y la propiedad, a través de la normalización de los requisitos de diseño, instalación y pruebas de los sistemas de rociadores, basándose en principios de ingeniería confiables, datos de pruebas y experiencias de campo.

Aplicación.

Esta norma debe aplicar a: Carácter y adecuación de los suministros de agua, rociadores, accesorios, tuberías, válvulas y todos los materiales y accesorios, incluyendo la instalación de las tuberías principales de servicio contra incendio privadas.

Un edificio, protegido por una instalación de un sistema de rociadores automáticos, debe ser proveído con rociadores en todas las áreas excepto donde secciones específicas de esta norma permitan la omisión de rociadores²¹.

2. Norma NFPA 14

A la fecha de elaboración del presente proyecto se encuentra vigente la edición 2016 de la NFPA 14 cuyo título es “*Norma para la Instalación de Tubería Vertical y Mangueras*”. Esta norma no contiene requisitos para la inspección periódica, prueba y mantenimiento de los sistemas de tubería vertical y mangueras. Para esto se debe recurrir a la norma NFPA 25²².

3. Norma NFPA 20

La NFPA 20 es la *Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios*. En el presente proyecto se tomó como referencia la edición 2019 en idioma inglés.

Trata lo relacionado con la selección e instalación de bombas que abastecen sistemas privados de protección contra incendios y debe incluir suministro de líquido, succión, descarga y equipo auxiliar, suministros de energía, motores y controladores eléctricos y diesel, motores y control de turbina de vapor, así como pruebas de aceptación y operación.

Esta norma no cubre los requisitos de capacidad y presión de suministro de líquidos del sistema, ni requisitos para inspección periódica, pruebas y mantenimiento de los sistemas de bombas contra incendios. Tampoco se encuentran requisitos para la instalación del cableado de las unidades de bombas contra incendio.

²¹ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems [en línea]. Edición 2019. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2018-11-20]. Disponible en internet: URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

²² NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 14. Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems [en línea]. Edición 2016. NFPA Quincy, Massachusetts. [Citado en 2018-11-20]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=14>>.

Debe aplicarse para bombas centrífugas de una etapa y multi etapas de eje horizontal o vertical. Así mismo, para bombas de desplazamiento positivo de eje vertical u horizontal²³.

4. Norma NFPA 22

La NFPA 22 es la *Norma para Tanques de Agua para la Protección Contra Incendios Privada*. En el presente proyecto se tomó como referencia la edición 2018 en idioma Español.

Contiene los requisitos mínimos para el diseño, construcción, instalación y mantenimiento de tanques y equipamiento accesorio para el suministro de agua en sistemas privados de protección contra incendios incluyendo diversos tipos de tanques (de gravedad, de succión, de presión, y tanques de succión de tela revestida sostenidos por terraplenes (tanques-pileta de geotextiles)), torres, cimientos, conexiones de tubería y accesorios, cerramiento de válvulas, llenado de tanques, protección contra congelamiento²⁴.

5. Norma NFPA 25.

A la fecha de elaboración del presente proyecto se encuentra vigente la edición 2017 de la NFPA 25 la cual fue consultada en su versión en idioma Español. Su título es: *Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a base de Agua*.

En ella se establecen los requisitos mínimos para la inspección periódica, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios. No se abordan todas las actividades de inspección, pruebas y mantenimiento de los componentes eléctricos de los equipos automáticos de detección de incendios

²³ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 20. Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection [en línea]. Edición 2019. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2019-02-05]. Disponible en internet: <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=20>>.

²⁴ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 22. Norma para Tanques de Agua para la Protección Contra Incendios Privada [en línea]. Edición 2018. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2018-11-21]. Disponible en internet <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=22>>.

usados para activar los sistemas de pre acción y diluvio, pues éstos se encuentran en la norma NFPA 72.

Se incluyen tipos de sistemas como los de rociadores automáticos, de tubería vertical y mangueras, sistemas fijos de aspersión de agua, hidrantes privados contra incendio, de agua nebulizada y de agua espuma²⁵.

²⁵ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 25. Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a base de Agua [en línea]. Edición 2017. NFPA. Quincy, Massachusetts. [Citado en 2018-11-21]. Disponible en internet <URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=25>>.