



ESPECIALIZACIÓN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE

**CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS REDES PRINCIPALES
DE EXTINCIÓN DE INCENDIO**

**Proyecto de grado presentado por:
Ing. DANA CAROLINA AGUDELO CALDERÓN**

**Director:
Ing. HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ**

**BOGOTÁ D.C.
OCTUBRE DE 2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN:

El proyecto final titulado **“Consideraciones para el diseño de las redes principales de extinción de incendio”**, presentado por la Ing. Dana Carolina Agudelo Calderón, en cumplimiento del requisito para optar al título de Especialista en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente, fue aprobado por el Director del proyecto.

Ing. Héctor Alfonso Rodríguez Díaz

Director del Proyecto

Bogotá D.C., octubre de 2015

CONTENIDO

<i>LISTA DE ILUSTRACIONES</i>	4
<i>LISTA DE TABLAS</i>	5
<i>LISTA DE ANEXOS</i>	6
1. <i>INTRODUCCIÓN</i>	7
2. <i>OBJETIVOS</i>	8
a. <i>Objetivo general</i>	8
b. <i>Objetivo específico</i>	8
3. <i>NORMATIVA PARA LAS INSTALACIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIO.</i>	9
4.1 <i>NORMAS NFPA</i>	9
4.2 <i>NSR 10. REGLAMENTO COLOMBIANO CONSTRUCCIÓN SISMORESISTENTE.</i>	14
4.3 <i>ICONTEC Y LAS NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS, NTC</i>	16
4.3.1 <i>NTC 1669. CÓDIGO PARA SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN EDIFICACIONES.</i>	16
4.3.2 <i>NTC 2301. NORMA PARA LA INSTALACION DE ROCIADORES.</i>	17
4.4 <i>CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ. ACUERDO 20 DE 1995.</i>	17
5 <i>CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA RED PRINCIPAL DE EXTINCIÓN DE INCENDIO. REDES EXTERIORES ALIMENTACION PRINCIPAL.</i>	18
6 <i>APLICACION DE LA METODOLOGIA EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA “JULIO GARAVITO”.</i>	23
7 <i>VALIDACIÓN HIDRAULICA DE LA RED PRINCIPAL CONTRA INCENDIO DE LA UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA “JULIO GARAVITO”, ECI.</i>	38
<i>CONCLUSIONES</i>	49
<i>RECOMEDACIONES</i>	51
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	52

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Curva densidad/ área</i>	11
<i>Ilustración 2. Instalaciones Escuela Colombiana de Ingeniería.</i>	23
<i>Ilustración 3. Red principal existente contra incendio ECI</i>	24
<i>Ilustración 4. Localización del Bloque A.</i>	25
<i>Ilustración 5. Fotografía edificio A.</i>	25
<i>Ilustración 6. Localización del Bloque B.</i>	26
<i>Ilustración 7. Fotografía edificio B.</i>	26
<i>Ilustración 8. Localización del Bloque C.</i>	27
<i>Ilustración 9. Fotografía del Bloque C.</i>	27
<i>Ilustración 10. Localización del Bloque D.</i>	28
<i>Ilustración 11. Fotografía vista sur del Bloque D.</i>	29
<i>Ilustración 12. Localización del Bloque F.</i>	30
<i>Ilustración 13. Fotografía vista Sur-Occidental del Bloque F.</i>	30
<i>Ilustración 14. Localización del Bloque G.</i>	31
<i>Ilustración 15. Fotografía Bloque G.</i>	31
<i>Ilustración 16. Localización del coliseo El Otoño.</i>	32
<i>Ilustración 17. Fotografía vista oriental del Coliseo El Otoño.</i>	32
<i>Ilustración 18. Localización de Edificio de Laboratorios.</i>	33
<i>Ilustración 19. Localización de Laboratorios L-1 y L-2.</i>	34
<i>Ilustración 20. Fotografía laboratorios</i>	35
<i>Ilustración 21. Localización de Cafetería.</i>	35
<i>Ilustración 22. Fotografía Cafetería.</i>	36
<i>Ilustración 23. Localización de Zonas de Estacionamiento.</i>	36
<i>Ilustración 24. Tabla 23.4.4.7.1 Valores de C Hazen- Williams. Norma NFPA 13, edición 2013.</i>	39
<i>Ilustración 25. Factor multiplicador. Norma NFPA 13, edición 2013.</i>	39
<i>Ilustración 26. Tabla 23.4.3.1.1 Longitudes equivalentes para accesorios en acero cedula 40, con coeficiente C=120. Norma NFPA 13, edición 2013.</i>	40
<i>Ilustración 27. Recorridos de tuberías diseñadas.</i>	41
<i>Ilustración 28. Esquema de diseño en el programa EPANET.</i>	41
<i>Ilustración 29. Curva de la bomba con presión nominal de 901 ft (390 psi)</i>	43
<i>Ilustración 30. Esquema de validación EPANET, BLOQUE A. Bomba 901 ft (390 psi)</i>	44
<i>Ilustración 31. Curva de la bomba con presión nominal de 912 ft (395 psi)</i>	45
<i>Ilustración 32. Esquema de validación EPANET, BLOQUE A. Bomba 912 ft (395 psi)</i>	45
<i>Ilustración 33. Curva de la bomba con presión nominal de 924 ft (400 psi)</i>	46
<i>Ilustración 34. Esquema de validación EPANET, BLOQUE A. Bomba 924 ft (400 psi)</i>	47

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Requerimientos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistemas calculados hidráulicamente.</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2. Grupos y Subgrupos de Ocupación.</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3. Metodología para definir normatividad aplicable.</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 4. Requerimientos NSR 10, norma nacional.</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 5. Requerimientos Acuerdo 20, norma distrital, Bogotá D.C.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 6. Demandas de presión y caudal de las edificaciones ECI</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 7. Resultados en las líneas. Validación hidráulica BLOQUE A. Bomba 901 ft (390 psi).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 8. Resultados en los Nudos, validación hidráulica BLOQUE A. Bomba 901 ft (390 psi).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9. Resultados en las líneas. Validación hidráulica BLOQUE A. Bomba 912 ft (395 psi).....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 10. Resultados en los Nudos, validación hidráulica BLOQUE A. Bomba 912 ft (395 psi).....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 11. Resultados en las líneas. Validación hidráulica BLOQUE A. Bomba 924 ft (400psi)</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 12. Resultados en los Nudos, validación hidráulica BLOQUE A. Bomba 924 ft (400 psi).....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 13. Resumen de condiciones hidráulicas requeridas y disponibles.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 14. Diámetros finales de los tramos de la red validada en EPANET.</i>	<i>48</i>

LISTA DE ANEXOS

- **Anexo A.** Acuerdo 20 de 1995. Código de Construcción de Bogotá D.C. Capítulo D-7.
- **Anexo B.** NSR 10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Capítulo J.
- **Anexo C.** NSR 10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Capítulo K.
- **Anexo D.** Plano de diseño. Trazado de la red general contra incendio.
- **Anexo E.** Plano de incorporación de la red principal de extinción de incendio, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

1. INTRODUCCIÓN

En las ingenierías civil e hidráulica se encuentra la disciplina de protección contra incendio. En Colombia esta disciplina está tomando auge con las exigencias de la normativa nacional, la aplicación de la normativa internacional y la creación de la Ley General de Bomberos de Colombia.

Este proyecto de grado está dirigido a personas con perfiles de ingeniería y arquitectura que trabajen en el campo del diseño y construcción de edificaciones.

En este documento se plantea una metodología para definir la normativa que se debe aplicar en una construcción existente o en una nueva en la ciudad de Bogotá y se realiza el diseño de una red principal de extinción de incendio. La metodología y el diseño se implementaron las redes generales contra incendios de la Escuela Colombiana de Ingeniería, utilizando las condiciones hidráulicas establecidas en las normas nacionales e internacionales.

2. OBJETIVOS

a. General

- Definir los criterios y establecer una metodología para el diseño de las redes principales de extinción de incendio en la ciudad de Bogotá.

b. Específicos

- Definir la normativa aplicada a cada construcción, de acuerdo con la expedición de la licencia o la fecha de inicio de la construcción.
- Implementar esta metodología en el diseño de la red principal contra incendios de la Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Definir las condiciones hidráulicas para cada edificación de la universidad, según la normativa aplicable.
- Realizar una validación hidráulica de la red general contra incendios de la Escuela Colombiana de Ingeniería para identificar su estado actual.
- Concluir y recomendar acerca del estado actual de la red principal de extinción de incendios de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

3. NORMATIVA PARA LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

La siguiente normativa se considera la más influyente en la elaboración de diseños e instalaciones de redes de protección contra incendio en el país, particularmente en la ciudad de Bogotá.

Desde el principio la normativa colombiana se ha actualizado, tomando como referencia las normas internacionales de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios, NFPA, que son catalogadas como pioneras en esta área de la ingeniería.

Colombia cuenta con la última edición del Reglamento de Construcciones Sismo Resistente NSR-10, el cual establece los requerimientos para las instalaciones de extinción y control de incendios.

Existen normas distritales enfocadas en la protección contra incendios. Por ejemplo, en Bogotá rige el Acuerdo 20 de 1995, capítulo D-7, y en Medellín el Acuerdo 38 de 1990.

El cumplimiento de la normativa se rige primero por las leyes, luego por los decretos y, finalmente, por los acuerdos distritales. Es decir, las normas nacionales están por encima de las distritales y pueden ser complementarias. Si en algún caso las normas distritales están en contra de algunos conceptos de las normas nacionales, se hace el cumplimiento único de estas últimas.

4.1 NORMAS NFPA

La Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA) es la única asociación mundial cuya meta es mejorar, por medio de la ciencia y la educación, la protección de la vida y las propiedades contra incendios.

La NFPA es una asociación internacional sin ánimo de lucro, dedicada a la prevención de muertes, lesiones, propiedades y pérdidas económicas como consecuencia de un incendio. Esta asociación ofrece información y conocimientos a través de más de 300 códigos.

En el desarrollo de métodos innovadores para controlar incendios, la NFPA se enfoca principalmente en los siguientes cinco campos:

- Ayuda técnica y asesoría.
- Educación del público en cuanto a su seguridad contra incendios.
- Desarrollo de normas y códigos de seguridad contra incendios.
- Adiestramiento de cuerpos de bomberos.
- Trabajos de investigación sobre seguridad contra incendios.

Las siguientes normas NFPA son fundamentales para el diseño de una red de protección contra incendios.

4.1.1 NFPA 101, CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA

El Código de Seguridad Humana, NFPA 101, establece los requisitos mínimos para el diseño, la operación y el mantenimiento de edificios y estructuras para la seguridad de la vida humana contra el fuego. Su metodología es aplicable a la seguridad de la vida humana en emergencias similares al de la existencia de un incendio.

Las edificaciones o estructuras se deben clasificar de acuerdo con este código, cumpliendo con los requerimientos en la clasificación por ocupación. Algunas de las cuales son: reuniones públicas, de educación, guardería, ocupación para el cuidado de la salud, ocupación para el cuidado de la salud para pacientes ambulatorios, detención y correccional, asilos y centros de acogida residenciales, mercantiles, negocios, industrial, almacenamiento y ocupaciones múltiples.

4.1.2 NFPA 13, NORMA PARA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES

El objeto de esta norma es proveer los requerimientos mínimos para el diseño y la instalación de sistemas de rociadores automáticos contra incendios.

Para definir las condiciones o criterios de diseño en relación con la norma NFPA es necesario realizar la clasificación por ocupación o edificaciones especiales.

Para este trabajo se deben clasificar las edificaciones dentro de las ocupaciones descritas en el capítulo 5 de la norma en referencia. Si no cumple con las siguientes descripciones, es necesario revisar la norma NFPA 13 y consultar la definición, diseño e instalación de edificaciones especiales.

Riesgo ligero o leve: son las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajos índices de liberación de calor. Entre éstos están: iglesias, hospitales, hoteles, museos, oficinas, entre otros.

Riesgo ordinario grupo I: ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es moderada, las pilas de almacenamiento de combustible no superan los 2.4 m y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado. Como ejemplos tenemos: estacionamientos, plantas eléctricas, zonas de producción de los restaurantes, fábricas de producción de vidrio, entre otros.

Riesgo ordinario grupo II: ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es de moderada a alta, las pilas de almacenamiento de contenidos con un índice de liberación de calor moderado no superan los 3.66 m, y las

pilas de almacenamiento de contenidos de liberación de calor elevado no superan los 2.4 m. Entre éstas tenemos: plantas agrícolas, establos, zonas comerciales, plantas de procesamiento de papel, plantas de producción de productos del tabaco, entre otros.

Riesgo extra grupo I: las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son muy altas y hay presencia de polvos, pelusas y otros materiales, que introducen la probabilidad de incendios que se desarrollan rápidamente con elevados índices de liberación de calor, pero con poco o ningún líquido inflamable o combustible. Algunos ejemplos son: bodegas de mantenimiento de aviones, plantas de fundición de materiales, zona de empaque, mezcla, deshilachado, combinación de algodón de textiles, entre otros.

Riesgo extra grupo II: las ocupaciones o partes de otras ocupaciones con cantidades desde moderadas hasta considerables de líquidos inflamables o combustibles. Algunos ejemplos son: plantas de asfalto, plantas con procesos de líquidos inflamables pulverizados, plantas de manufactura de plásticos, entre otros.

Para la elaboración de los cálculos, el área de diseño debe ser el más demandante en la parte hidráulica, con base en los criterios establecidos en los capítulos 11 y 12 de la Norma NFPA 13. Para calcular la capacidad de las tuberías en los sistemas de rociadores automáticos existen, principalmente, dos métodos: método de área-densidad y método por tablas de acuerdo con el riesgo de la ocupación. A continuación se describe el primer método, el cual requiere una validación hidráulica.

Para el método de cálculo hidráulico, los requisitos de la demanda de agua se definen en el capítulo 11.2.3, donde a partir de una curva densidad/área (ilustración 1) y la clasificación de ocupaciones se determinan los parámetros de diseño para establecer dicha demanda.

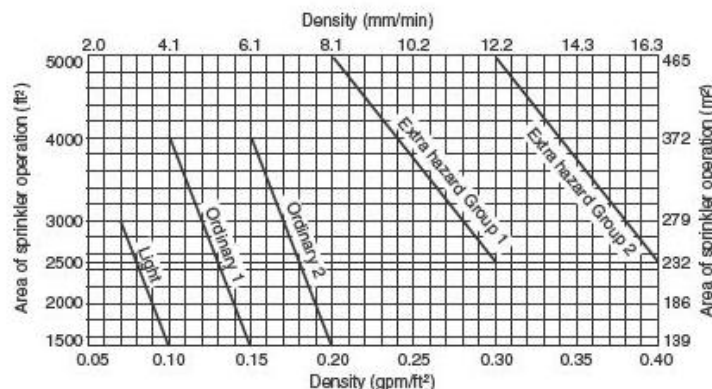


Ilustración 1. Curva densidad/ área.

Si el uso de una edificación se clasifica como riesgo ordinario II, la mínima densidad de aplicación de agua es de 0.20 gpm/pies² y el área de aplicación es de 1500 pies². El caudal demandado será el producto 0.20 gpm/pie² y 1500 pies², dando como resultado 300 gpm.

Además del caudal de demanda del sistema de rociadores se encuentra la demanda de mangueras, a la cual luego se le asigna la duración de abastecimiento. La tabla 1 describe las demandas de mangueras interiores, exteriores y la duración del abastecimiento del agua.

Occupancy	Inside Hose		Total Combined Inside and Outside Hose		Duration (minutes)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Light hazard	0, 50, or 100	0, 189, or 379	100	379	30
Ordinary hazard	0, 50, or 100	0, 189, or 379	250	946	60-90
Extra hazard	0, 50, or 100	0, 189, or 379	500	1893	90-120

Tabla 1. Requerimientos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistemas calculados hidráulicamente.

En un edificio con clasificación riesgo ordinario grupo II, la demanda total por mangueras interiores y exteriores es de 250 gpm y la duración de almacenamiento es de 60 minutos, como mínimo. Entonces, con estos datos se entiende que se requiere una demanda en el sistema de 550 gpm, 300 por rociadores y 250 por mangueras, este caudal se debe garantizar por 60 minutos, lo cual indica que se requiere almacenar 33.000 gal (125 m³).

Para el adecuado funcionamiento de un sistema de rociadores automáticos de debe cumplir con la mínima presión de trabajo de 7 psi (0.5 bar) y la máxima presión de trabajo de 175 psi (12.1 bar).

Para mayor comprensión se recomienda revisar detalladamente la norma NFPA 13, edición 2013.

4.1.3 NFPA 14, INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TUBERÍAS VERTICALES Y MANGUERAS

La norma NFPA 14 tiene como objeto proporcionar las condiciones de diseño e instalación para la protección de la vida y la propiedad de los daños producidos por un incendio a través de la instalación de tomas fijas para bomberos y sistemas de mangueras, de acuerdo con los principios de ingeniería, pruebas, y experiencias.

En el capítulo 5.3 de la norma NFPA 14 los sistemas de tubería vertical se clasifican de la siguiente forma:

ING. DANA CAROLINA AGUDELO CALDERÓN

Sistemas Clase I. Debe proveer conexiones de manguera de 65 mm (2½ pulg), para suministrar agua a los cuerpos de bomberos y a quienes estén entrenados en el manejo de chorros de alto caudal.

Sistemas Clase II. Debe proveer estaciones de manguera de 38 mm (1½ pulg) para suministrar agua, primordialmente a personal entrenado o al cuerpo de bomberos durante la respuesta inicial.

Sistemas Clase III. Debe estar provisto de estaciones de manguera de 38 mm (1½ pulg) para suministrar agua a personal entrenado, y conexiones de manguera de 65 mm (2½ pulg) para proveer un gran volumen de agua al cuerpo de bomberos y a personal entrenado en el manejo de chorros de alto caudal.

La presión residual en una salida de 38 mm (1½ pulg) sobre una conexión de manguera debe ser, como mínimo, de 4,5 bares (65 psi) y un máximo 6,8 bares (100 psi). La presión residual en una salida de 65 mm (2½ pulg) sobre una conexión de manguera debe ser de 6.8 bares (100 psi), como mínimo, y un valor máximo de 11,9 bares (175 psi).

Las condiciones del caudal se establecen en el numeral 7.10 de la norma NFPA 14, las tasas de flujo corresponden a la clasificación de los sistemas de tuberías.

Sistemas Clase I y Clase III. La tasa de flujo mínima para la tubería vertical hidráulicamente más remota debe ser de 1893 l/min (500 gpm). Donde una tubería vertical horizontal en sistemas Clase I y Clase III supere tres o más conexiones de manguera en cualquier piso. La tasa mínima de flujo para la tubería vertical horizontal de mayor demanda hidráulica debe ser de 2840 l/min (750 gpm). La tasa de flujo mínima para tuberías verticales adicionales debe ser de 946 l/min (250 gpm) por tubería vertical, con un total que no exceda de 4731 l/min (1250 gpm) o 3785 l/min (1000 gpm), para edificios totalmente equipados con rociadores.

Sistemas Clase II. La tasa de flujo mínima para la conexión de manguera hidráulicamente más remota debe ser de 379 l/min (100 gpm).

El suministro mínimo para los sistemas debe ser capaz de proveer la demanda del sistema por lo menos durante 30 minutos.

Para mayor comprensión se recomienda revisar detalladamente la norma NFPA 14, edición 2013.

4.1.4 NFPA 20, BOMBAS CONTRA INCENDIO

Una bomba contra incendio se considera una máquina que aumenta la presión del agua y está provista de una tubería de succión y otra de descarga, con capacidad suficiente para suministrar el volumen de agua a presión necesario para combatir un incendio.

Estas bombas normalmente se activan automáticamente mediante una caída de presión, producida por la apertura de un mecanismo de extinción de incendios. Los motores que las impulsan pueden ser de tipo eléctrico o diésel, con un suministro de caudal que varían entre 250 y 5.000 gpm.

Habitualmente se instalan dos tipos de bombas: las centrífugas, que utilizan agua en carga, y las bombas jockey, que cumple la función de sostenimiento de presión cuando hay fugas y evitan al arranque de la bomba principal cuando no se requiere.

Las bombas contra incendio, listadas y aprobadas por la UL/FM, se diseñan para el suministro de un caudal de agua, en gpm, a una presión y velocidad de bombeo definidos, medido en psi y pies/s.

La presión de la bomba principal contra incendios debe tener la capacidad de suministrar 150% de su caudal nominal a un 65% de presión nominal y, a caudal cero, no debe alcanzar más del 140% de la presión nominal.

4.2 NSR 10. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

La primera actualización de la reglamentación sismo resistente la expidió el gobierno nacional en el Decreto 1400 del 7 de junio de 1984, correspondiente al Reglamento NSR-98. La segunda, correspondiente al Reglamento NSR-10, se expidió por medio del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010.

Las normas sismo resistentes presentan los requisitos mínimos para salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte. Sólo hasta la segunda actualización se adicionaron títulos destinados especialmente a la protección contra incendios.

Los títulos J y K de la NSR-10, segunda actualización, se enfocan en los requisitos para la protección contra incendios en edificaciones. La primera versión tuvo como referencia el Acuerdo 20 de 1995 para la ciudad de Bogotá y se consultaron documentos nacionales e internacionales.

Para la versión NSR-10, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica tuvo en cuenta la experiencia en la aplicación del anterior reglamento, las normas internacionales NFPA y el IBC-2009, International Building Code.

4.2.1 TÍTULO J. REQUISITOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN EDIFICACIONES

El objeto del título J es establecer requisitos para las siguientes premisas:

- a) Reducir al máximo el riesgo de incendios en edificaciones.
- b) Evitar la propagación del fuego, tanto dentro de las edificaciones como hacia las estructuras aledañas.
- c) Facilitar las tareas de evacuación de los ocupantes en caso de incendio.
- d) Facilitar el proceso de extinción de incendios en las edificaciones.

ING. DANA CAROLINA AGUDELO CALDERÓN

- e) Minimizar el riesgo de colapso de la estructura durante las labores de evacuación y extinción.

Para la aplicación del título J se deben clasificar las edificaciones según los grupos de ocupación descritos y definidos en el título K, el cual se describió en el numeral 4.2.2 de este trabajo.

El título J-4-3 señala los requerimientos de diseño e instalación para los sistemas de rociadores automáticos, tomas fijas para bomberos, mangueras para la extinción de incendios y extintores portátiles, de acuerdo con la clasificación establecida en el título K.

En el Anexo B se hace una mayor descripción del título J de la NSR-10.

4.2.2 TÍTULO K. GENERALIDADES, PROPÓSITO Y ALCANCE

El objetivo de este título es definir parámetros y especificaciones arquitectónicas constructivas, enfocadas en la seguridad y la preservación de la vida de los ocupantes y usuarios de las edificaciones cubiertas por el alcance del presente reglamento.

En la tabla 2 se presenta la clasificación de las edificaciones por grupos de ocupación, definidos también en la tabla K.2.1-1 del capítulo K de la NSR.

Para mayor comprensión del título K de la NSR-10 véase el Anexo C.

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 REUNION	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

Tabla 2. Grupos y subgrupos de ocupación.

4.3 ICONTEC Y LAS NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS, NTC

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación, Icontec, es una institución multinacional privada, sin ánimo de lucro, que busca fomentar la normalización, certificación, metrología y gestión de la calidad en Colombia.

En la normalización, la misión del Icontec es promover, desarrollar y guiar la aplicación de Normas Técnicas Colombianas (NTC) y otros documentos normativos, alcanzando una economía óptima de conjunto, el mejoramiento de la calidad y facilitando las relaciones cliente-proveedor, en el ámbito empresarial nacional o internacional.

4.3.1 NTC 1669. CÓDIGO PARA SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN EDIFICACIONES

El propósito de esta norma es proveer un grado de protección contra incendios a la vida y a la propiedad, estableciendo requisitos para la instalación de sistemas de conexión de mangueras contra incendios. Esta norma es una adaptación en español de la NFPA 14, edición 2007.

4.3.2 NTC 2301. NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE ROCIADORES

Esta norma busca proporcionar un grado razonable de protección contra incendios para la vida humana y la propiedad, a través de la normalización de los requisitos de diseño, instalación y pruebas de los sistemas de rociadores, incluyendo las tuberías principales privadas de servicio contra incendios, basándose en principios de ingeniería confiables, datos de pruebas y experiencias de campo. Es una adaptación en español de la norma NFPA 13, edición 2007.

4.4 CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ. ACUERDO 20 DE 1995

El Acuerdo 20 de 1995 define las normas básicas que deben cumplir las edificaciones con estructuras convencionales, enfocadas en la salubridad, la protección y la seguridad para los eventos de incendio y pánico colectivo.

Este código se debe aplicar para la ciudad de Bogotá en las siguientes actividades:

- a. Diseño y ejecución de: construcción, modificación, reparación y demolición de edificaciones, estructuras y construcciones en general, y de las instalaciones y equipos incluidos en ellas.
- b. Uso, conservación, mantenimiento e inspección de edificaciones, estructuras y construcciones en general, y de sus instalaciones y equipos.

Dentro del alcance de su estudio se encuentran los requisitos para instalaciones interiores eléctricas, telefónicas, hidráulicas y sanitarias, para gases, sistemas de detección y extinción de incendios, sistemas de incineración, sistemas de transporte vertical e industriales.

En el capítulo 7 del Acuerdo 20 de 1995 se establecen los requisitos para la instalación de sistemas de detección y extinción de incendios. Los requerimientos y condiciones hidráulicas para el diseño e instalación de sistemas de mangueras y tomas fijas de agua (hidrantes) aparecen en la sección D.7.4. Los requerimientos y condiciones hidráulicas para el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos se encuentran en la sección D.7.5 y en la norma NTC 2301.

En el Anexo A se incluye más información del código de construcción para la ciudad de Bogotá.

5 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA RED PRINCIPAL DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS. REDES EXTERIORES ALIMENTACION PRINCIPAL

Se entiende como red principal de extinción de incendios toda red que empieza en una fuente de agua hasta los gabinetes contra incendio, tomas fijas para bomberos, inyección de agua (siamesa) y estaciones controladoras de sistemas de rociadores automáticos.

La norma NFPA 24, edición 2013, define el sistema de redes principales internas como: “La tubería y sus accesorios instalados en una propiedad privada entre una fuente de agua y la base del sistema vertical para sistemas de protección de incendios base-agua, entre una fuente de agua y las entradas a los sistemas formadores de espumas, entre una fuente de agua y el codo base de hidrantes privados o boquillas monitoras”.

Una fuente de agua son todos los cuerpos de agua disponibles para suministro, ya sean contenidos en tanques fabricados o en barreras naturales. Los tanques de almacenamientos elevados o a nivel del suelo son ejemplos de instalaciones construidas; los ríos, estanques, lagos y puertos son ejemplos de facilidades naturales de almacenamiento.

Los sistemas verticales están definidos como una disposición de tuberías, válvulas, conexiones de mangueras y equipos relacionados, instalados en un edificio o estructura, con las conexiones ubicadas de manera que el agua se puede descargar en modelos de chorros o aspersión a través de mangueras y boquillas fijas, con el propósito de extinguir un incendio.

En la tabla 3 se muestra cómo identificar, mediante un flujograma, la normativa colombiana e internacional que se debe implementar en una edificación para definir las condiciones requeridas en el diseño e instalación de un sistema de protección contra incendios, rociadores automáticos o tomas fijas y mangueras contra incendios.

Las tablas 4 y 5 muestran los flujogramas para definir la normativa aplicable a una edificación, acatando la norma nacional NSR 10 o la distrital para Bogotá.

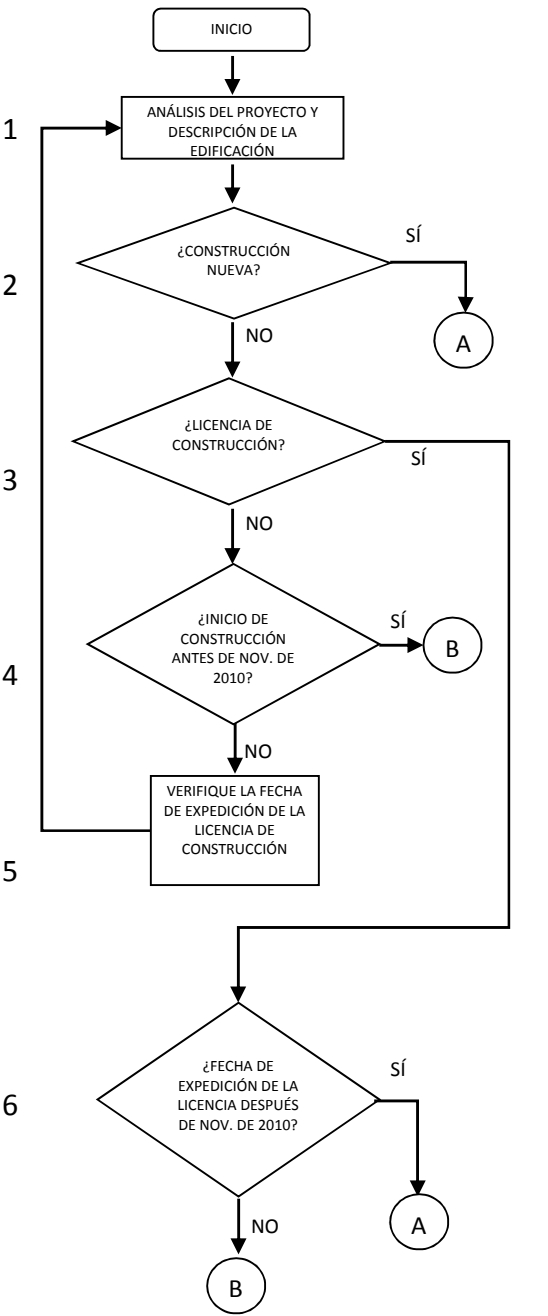
METODOLOGÍA PARA DEFINIR NORMATIVA APLICABLE	ACTIVIDAD
 <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A1[ANÁLISIS DEL PROYECTO Y DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN] A1 --> D1{¿CONSTRUCCIÓN NUEVA?} D1 -- SÍ --> A((A)) D1 -- NO --> D2{¿LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN?} D2 -- SÍ --> B((B)) D2 -- NO --> D3{¿INICIO DE CONSTRUCCIÓN ANTES DE NOV. DE 2010?} D3 -- SÍ --> B D3 -- NO --> A5[VERIFIQUE LA FECHA DE EXPEDICIÓN DE LA LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN] A5 --> D4{¿FECHA DE EXPEDICIÓN DE LA LICENCIA DESPUÉS DE NOV. DE 2010?} D4 -- SÍ --> A D4 -- NO --> B </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar el proyecto. ¿Cuántos años lleva construido? 2. Identificar si es una construcción nueva. 3. ¿Existe licencia de construcción? 4. ¿La construcción se inició antes de noviembre de 2010? 5. Si no hay certeza de la fecha de inicio de la construcción, verificar la fecha de expedición de la licencia de construcción. 6. Revisar la fecha de expedición de la licencia de construcción y clasificarla antes o después del 2010.

Tabla 3. Metodología para definir la normatividad aplicable.

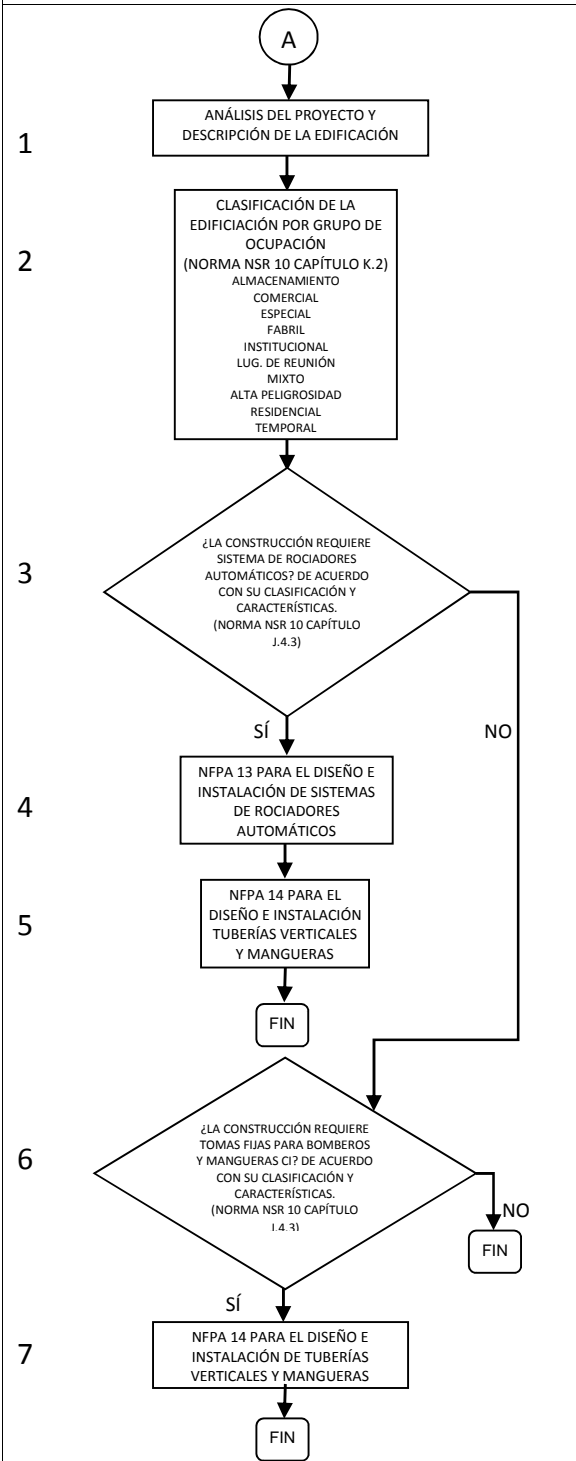
REQUERIMIENTOS NSR 10	ACTIVIDAD
 <pre> graph TD A((A)) --> B[ANÁLISIS DEL PROYECTO Y DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN] B --> C[CLASIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN POR GRUPO DE OCUPACIÓN (NORMA NSR 10 CAPÍTULO K.2) ALMACENAMIENTO COMERCIAL ESPECIAL FABRIL INSTITUCIONAL LUG. DE REUNIÓN MIXTO ALTA PELIGROSIDAD RESIDENCIAL TEMPORAL] C --> D{¿LA CONSTRUCCIÓN REQUIERE SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS? DE ACUERDO CON SU CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS. (NORMA NSR 10 CAPÍTULO J.4.3)} D -- SÍ --> E[NFPA 13 PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS] E --> F[NFPA 14 PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN TUBERÍAS VERTICALES Y MANGUERAS] F --> G[FIN] D -- NO --> H{¿LA CONSTRUCCIÓN REQUIERE TOMAS FIJAS PARA BOMBEROS Y MANGUERAS CI? DE ACUERDO CON SU CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS. (NORMA NSR 10 CAPÍTULO J.4.3)} H -- SÍ --> I[NFPA 14 PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS VERTICALES Y MANGUERAS] I --> J[FIN] H -- NO --> K[FIN] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar el proyecto. ¿Cuántos años lleva construido?, ¿cuántas salidas de emergencia y escaleras de evacuación existen?, ¿cuál es la altura de construcción?, ¿cuál es el uso? 2. Realizar la clasificación. Ver la norma NSR- 10, capítulo k.2 “clasificación de las edificaciones por grupo de ocupación. 3. Definir si se requiere un sistema de rociadores automáticos, de acuerdo con el capítulo J.4.3 de la NSR-10. 4. Realizar el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos, conforme a la norma NFPA 13. 5. Realizar el diseño e instalación de tuberías verticales y mangueras, de acuerdo con la norma NFPA 14. 6. Definir si se requiere un sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras contra incendios, de acuerdo con el capítulo J.4.3 de la NSR-10. 7. Realizar el diseño e instalación de tuberías verticales y mangueras, de acuerdo con la norma NFPA 14.

Tabla 4. Requerimientos NSR 10, norma nacional.

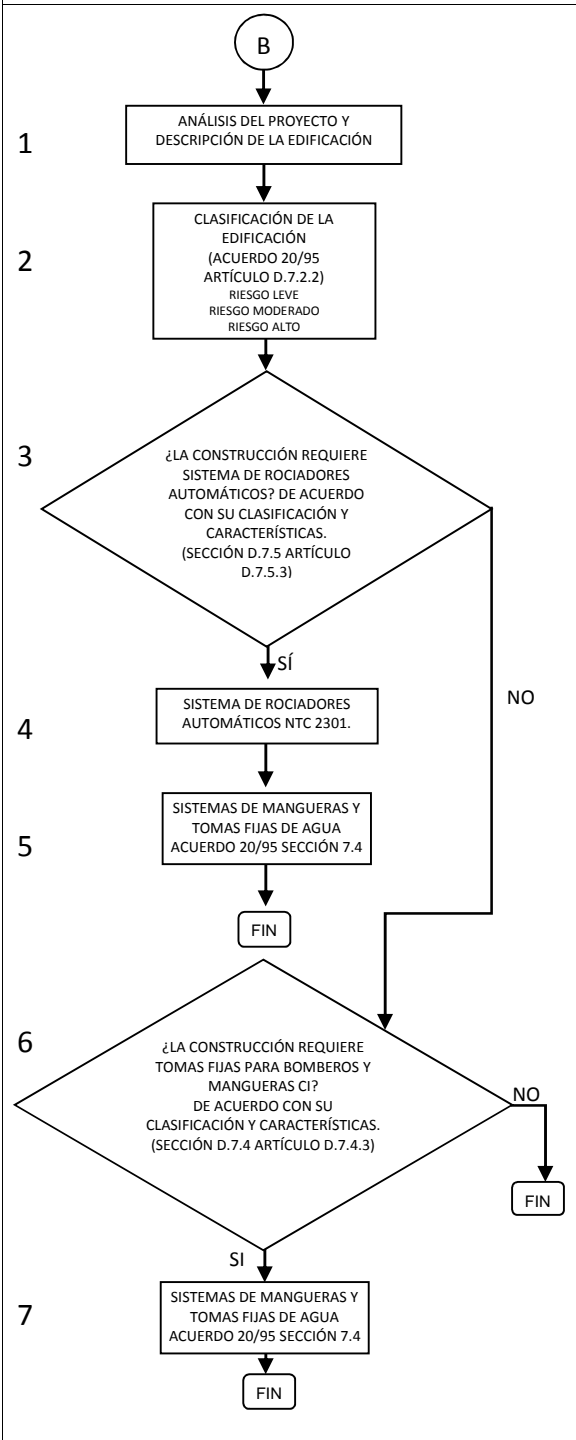
REQUERIMIENTOS ACUERDO 20	ACTIVIDAD
 <pre> graph TD B((B)) --> A[ANÁLISIS DEL PROYECTO Y DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN] A --> B[CLASIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (ACUERDO 20/95 ARTÍCULO D.7.2.2) RIESGO LEVE RIESGO MODERADO RIESGO ALTO] B --> C{¿LA CONSTRUCCIÓN REQUIERE SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS? DE ACUERDO CON SU CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS. (SECCIÓN D.7.5 ARTÍCULO D.7.5.3)} C -- SI --> D[SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS NTC 2301.] D --> E[SISTEMAS DE MANGUERAS Y TOMAS FIJAS DE AGUA ACUERDO 20/95 SECCIÓN 7.4] E --> F[FIN] C -- NO --> G{¿LA CONSTRUCCIÓN REQUIERE TOMAS FIJAS PARA BOMBEROS Y MANGUERAS CI? DE ACUERDO CON SU CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS. (SECCIÓN D.7.4 ARTÍCULO D.7.4.3)} G -- SI --> H[SISTEMAS DE MANGUERAS Y TOMAS FIJAS DE AGUA ACUERDO 20/95 SECCIÓN 7.4] H --> I[FIN] G -- NO --> J[FIN] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar el proyecto. ¿Cuántos años lleva de construido?, ¿cuántas salidas de emergencia y escaleras de evacuación existen?, ¿cuál es la altura de construcción?, ¿cuál es su uso? 2. Dirigirse al Acuerdo 20 /95 y clasificar la edificación de acuerdo con el Artículo D.7.2.2. 3. Definir si se requiere un sistema de rociadores automático, de acuerdo con la sección D.7.5, Artículo D.7.5.3. 4. Realizar el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos con relación a la norma NTC 2301. 5. Realizar diseño e instalación de un sistema de mangueras y tomas fijas de agua, de acuerdo con la sección 7.4 del Acuerdo 20. 6. Definir si se requiere un sistema de mangueras y tomas fijas de agua, de acuerdo con la sección D.7.4, Artículo D.7.4.3. 7. Realizar el diseño e instalación de un sistema de mangueras y tomas fijas de agua, con relación a la sección 7.4 del Acuerdo 20.

Tabla 5. Requerimientos Acuerdo 20, norma distrital, Bogotá.

En todos los casos, como complemento a los sistemas de extinción de incendios, se debe instalar un adecuado sistema de extintores portátiles, un sistema de detección y alarma, un sistema de seguridad humana y mantener una brigada de emergencias.

Con base en la información de las anteriores tablas, se establecen las condiciones hidráulicas de las redes de extinción de incendios en una edificación y se elabora un diseño.

Como ejemplo, se implementa esta metodología en las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería y se plantea un diseño, tomando como referencia la red contra incendios existente.

6 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN LAS INSTALACIONES DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

Desde 1981 se inició la construcción de las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería en el nororiente de Bogotá. Actualmente, el campus está conformado por ocho edificios principales (Bloques A, B, C, D, F, G, coliseo y edificio de laboratorios), dos edificaciones de laboratorios (L1 y L2), cafeterías, zonas deportivas, estacionamientos, senderos peatonales, plazoletas y zonas verdes (ver ilustración 2, Instalaciones Escuela Colombiana de Ingeniería).

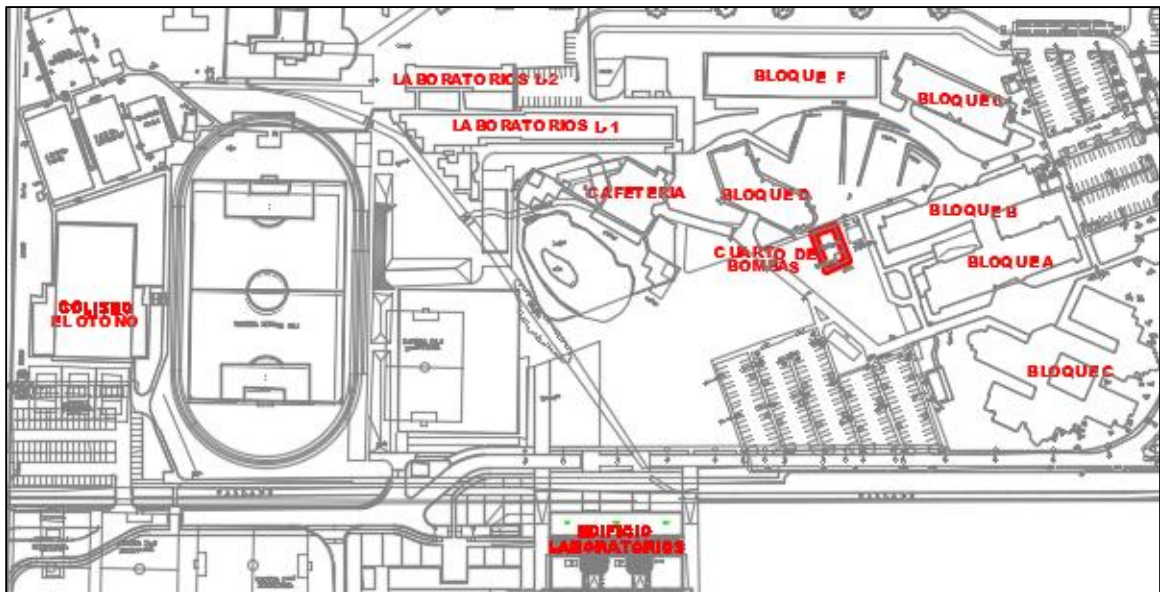


Ilustración 2. Instalaciones Escuela Colombiana de Ingeniería.

A partir de la información recibida por parte de la Dirección de Planta Física de la Escuela, la institución cuenta con un sistema de extinción de incendios con mangueras contra incendio, exclusivo para los bloques A, B, C, D y G.

La bomba contra incendios y el tanque de almacenamiento para consumo diario y extinción de incendios está ubicado entre los bloques B y D (ver ilustración 2, cuarto de bombas). En el plano de red principal contra incendios existente (Anexo E) se detectan adiciones a la red general, como consecuencia del crecimiento de las instalaciones. En este plano no se visualiza información sobre la especificación de los materiales.

Actualmente se encuentran en funcionamiento dos descargas del cuarto de bombas, una hacia los bloques A, B y C, en tubería de 4", y la otra hacia los bloques D y G, en tubería de 3" (ilustración 3).

La red principal, que conduce el agua desde el cuarto de bombas hacia el edificio de laboratorios, es de material PVC C900, con un diámetro de 8".

ING. DANA CAROLINA AGUDELO CALDERÓN

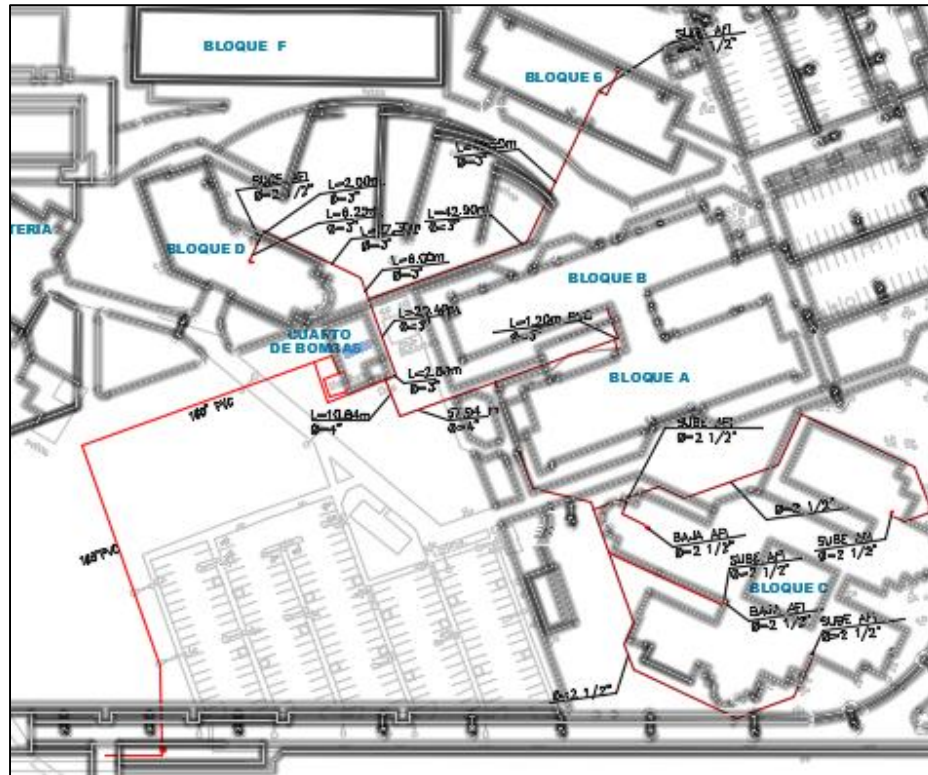


Ilustración 3. Red principal existente contra incendio.

En el Anexo E se encuentra información más amplia sobre los trazados y diámetros establecidos en el plano.

A finales del 2015 se pondrá en funcionamiento la red de mangueras contra incendios y rociadores automáticos en el nuevo edificio de laboratorios.

Las tablas 3, 4 y 5 son implementadas en cada una de las edificaciones de la universidad. La normativa define los requerimientos mínimos para los sistemas de extinción de incendios; sin embargo, si las edificaciones cuentan con exigencias mayores contribuyen en la prevención y protección contra incendios.

BLOQUE A

Este es un edificio administrativo, que además tiene aulas de clase, construido antes del año 2010. Tiene un área aproximada de 4.500 m², tres pisos, dos rutas de evacuación (escaleras de emergencia) y una altura desde el nivel del andén hasta el último piso habitable de 6,1 m.

Las ilustraciones 4 y 5 muestran la localización y una fotografía de este bloque.

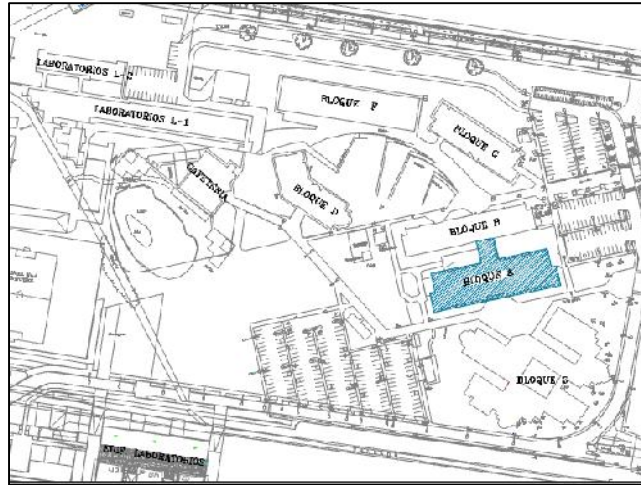


Ilustración 4. Localización del Bloque A.



Ilustración 5. Fotografía Bloque A.

De acuerdo con la tabla 5, la edificación debe cumplir el Acuerdo 20 de 1995, el cual establece que el edificio está clasificado como riesgo leve (institucional y comercial), por su contenido de combustibilidad baja y su uso. La edificación requiere un sistema de mangueras y tomas fijas de agua, no son necesarios sistemas de rociadores automáticos.

El diseño de los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua requiere un sistema Clase III, que demanda un caudal de 35 lt/s (553 gpm), en la primera tubería vertical, y una adicional de 15 lt/s (237 gpm), con una presión en la toma fija de agua más alejada de 3,8 kg/cm² (54 psi).

La capacidad del tanque debe ser suficiente para abastecer 50 lt/s (790 gpm) durante un periodo mínimo de 30 minutos, es decir, un volumen de 90 m³.

BLOQUE B

Este edificio administrativo se construyó antes del 2010, tiene un área aproximada de 1.500 m², dos pisos, una ruta de evacuación (escaleras de emergencia) y una altura desde el nivel del andén hasta el último piso habitable de 3,0 m.

Las ilustraciones 6 y 7 muestran la localización y una fotografía de este bloque.

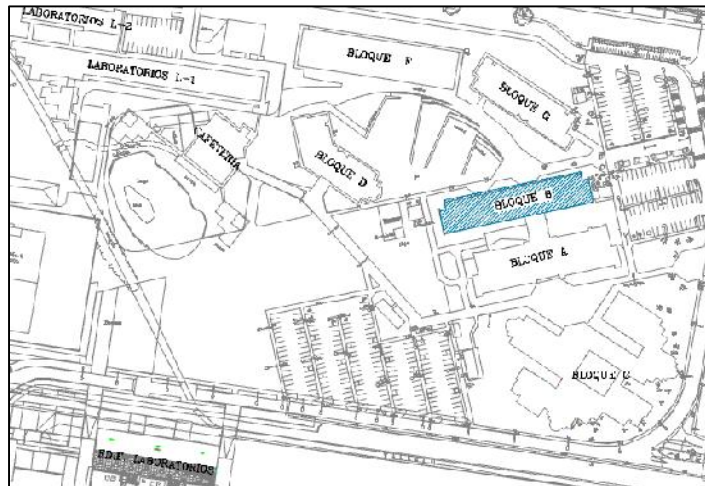


Ilustración 6. Localización del Bloque B.



Ilustración 7. Fotografía Bloque B.

De acuerdo con la tabla 5, este edificio debe cumplir el Acuerdo 20 de 1995, el cual define que esta estructura está clasificada como riesgo leve (comercial), por su contenido de combustibilidad baja y su uso. La edificación no requiere sistemas de rociadores automáticos, pero sí un sistema de mangueras y tomas fijas de agua.

El diseño de los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua requiere un sistema Clase III, el cual demanda un caudal de 35 lt/s (553 gpm), con una presión en la toma fija de agua más alejada de 3,8 kg/cm² (54 psi).

La capacidad del tanque debe ser suficiente para abastecer 35 lt/s (553 gpm) durante un periodo mínimo de 30 minutos, es decir, un volumen de 63 m³.

BLOQUE C

Es un edificio de aulas educativas y zonas de reunión, construido antes del año 2010. Tiene un área aproximada de 6.000 m², dos pisos, tres rutas de evacuación (escaleras de emergencia) y una altura desde el nivel del andén hasta el último piso habitable de 3,5 m.

Las ilustraciones 8 y 9 muestran la localización y una fotografía de este bloque.

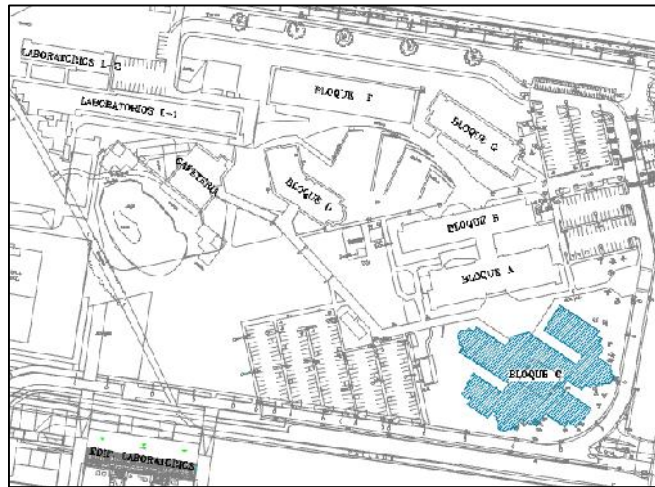


Ilustración 8. Localización del Bloque C.



Ilustración 9. Fotografía del Bloque C.

De acuerdo con la tabla 5, esta construcción debe cumplir el Acuerdo 20 de 1995, el cual lo clasifica como riesgo leve (institucional), por su contenido de combustibilidad baja y su uso. La edificación no requiere sistemas de mangueras, tomas fijas de agua ni sistemas de rociadores automáticos, debido a que sólo cuenta con dos pisos y se utiliza exclusivamente para aulas estudiantiles y zonas de reunión.

BLOQUE D

Este edificio sólo tiene aulas educativas, fue construido antes del año 2010 y tiene un área aproximada de 2.500 m², cuenta con tres pisos, una ruta de evacuación (escaleras de emergencia) y una altura desde el nivel del andén hasta el último piso habitable de 6,90 m.

Las ilustraciones 10 y 11 muestran la localización y una fotografía del bloque.

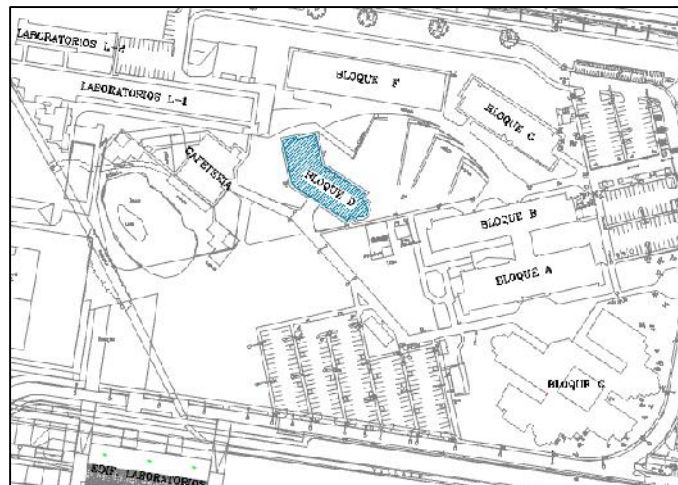


Ilustración 10. Localización del Bloque D.



Ilustración 11. Fotografía vista sur del Bloque D.

De acuerdo con la tabla 5, el edificio debe cumplir el Acuerdo 20 de 1995, en el cual está clasificado como riesgo leve (institucional), por su contenido de combustibilidad baja y su uso. Esta construcción no requiere sistemas de rociadores automáticos, pero sí un sistema de mangueras y tomas fijas de agua.

El diseño de los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua requiere un sistema Clase III, el cual demanda un caudal de 35 lt/s (553 gpm), con una presión en la toma fija de agua más alejada de 3,8 kg/cm² (54 psi).

La capacidad del tanque debe ser suficiente para abastecer 35 lt/s (553 gpm) durante un periodo mínimo de 30 minutos, es decir, contener un volumen de 63 m³.

BLOQUE F

Edificio de aulas educativas, construido antes del año 2010, posee un área aproximada de 4.300 m², tres pisos, dos rutas de evacuación (escaleras de emergencia) y una altura desde el nivel del andén hasta el último piso habitable de 7.40m.

Las ilustraciones 12 y 13 muestran la localización y una fotografía del bloque F.

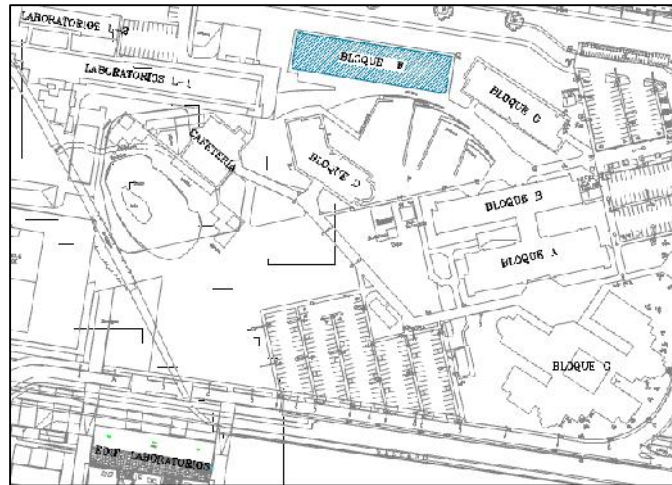


Ilustración 12. Localización del Bloque F.



Ilustración 13. Fotografía vista sur-occidental del Bloque F.

De acuerdo con la tabla 5, el edificio debe cumplir el Acuerdo 20 de 1995, el cual lo clasifica como riesgo leve (institucional), por su contenido de combustibilidad baja y su uso. La edificación no requiere sistemas de rociadores automáticos, pero sí un sistema de mangueras y tomas fijas de agua.

El diseño de los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua requiere un sistema Clase III, que exige un caudal de 35 lt/s (553 gpm) en la primera tubería vertical y en una adicional 15 lt/s (237 gpm), con una presión en la toma fija de agua más alejada de 3,8 kg/cm² (54 psi).

La capacidad del tanque debe ser suficiente para abastecer 50 lt/s (790 gpm) durante un periodo mínimo de 30 minutos, es decir, contener un volumen de 90 m³.

BLOQUE G

Este edificio de laboratorios se construyó antes del año 2010, tiene un área aproximada de 1.800 m², dos pisos, una ruta de evacuación (escaleras de emergencia) y una altura desde el nivel del andén hasta el último piso habitable de 3,45 m. Las ilustraciones 14 y 15 muestran la localización y una fotografía de este bloque.

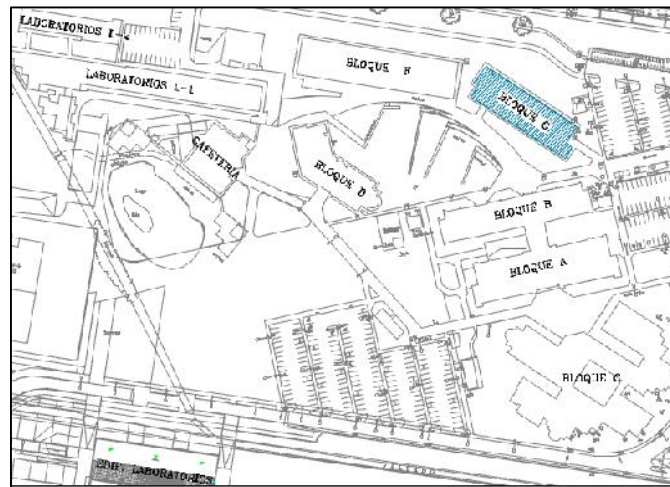


Ilustración 14. Localización del Bloque G.



Ilustración 15. Fotografía del Bloque G.

De acuerdo con la tabla 5, la edificación debe cumplir con el Acuerdo 20 de 1995, que lo clasifica como riesgo leve (industrial), por su contenido de combustibilidad baja y su uso. La edificación no requiere sistemas de mangueras, tomas fijas de agua ni sistemas de

rociadores automáticos, porque cuenta con dos pisos y menos de 1 000 m² en cada uno de ellos.

COLISEO EL OTOÑO

Edificio para zonas deportivas, recreacionales y sociales, inaugurado en agosto del 2011 con licencia de construcción del año 2009, según información suministrada por la Dirección de Planta Física de Escuela Colombiana de Ingeniería. Tiene un área construida de aproximadamente de 3.600 m², tres pisos, dos torres laterales, una ruta de evacuación (escaleras de emergencia) por torre y una altura desde el nivel del andén hasta el último piso habitable de 7,10 m.

Las ilustraciones 16 y 17 muestran la localización de la edificación y una fotografía.



Ilustración 16. Localización del coliseo El Otoño.



Ilustración 17. Fotografía vista oriental del coliseo El Otoño.

De acuerdo con la tabla 5, el edificio debe cumplir el Acuerdo 20 de 1995, que lo clasifica como riesgo leve (lugares de reunión), por su contenido de combustibilidad baja y uso. La

edificación no requiere sistemas de rociadores automáticos, pero sí un sistema de mangueras y tomas fijas de agua.

El diseño de los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua requiere un sistema Clase III, el cual exige un caudal de 35 lt/s(553 gpm) en la primera tubería vertical y en una adicional 15 lt/s (237 gpm), con una presión en la tomas fija de agua más alejada de 3,8 kg/cm² (54 psi).

La capacidad del tanque debe ser suficiente para abastecer 50 lt/s (790 gpm) durante un periodo mínimo de 30 minutos, es decir, contener un volumen de 90 m³.

EDIFICIO CONJUNTO DE LABORATORIOS

Edificio de laboratorios en construcción. Al finalizar la obra estará compuesto por un sótano, que tiene un área constructiva de 2.270 m², y tres pisos con 7.000 m², dos rutas de evacuación (escaleras de emergencia) y una altura desde el nivel del andén hasta el último piso habitable de 9,40 m.

La ilustración 18 muestra la localización del nuevo edificio de laboratorios.

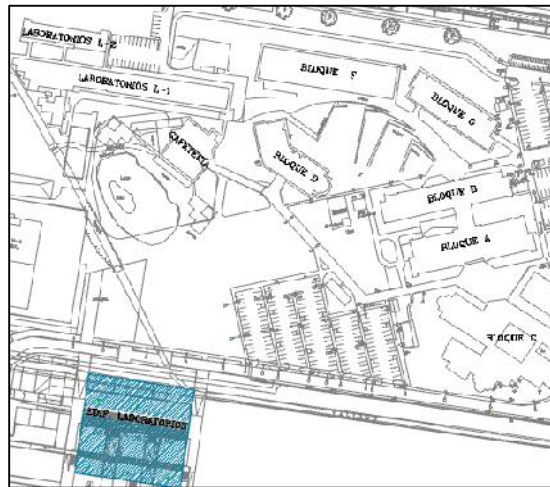


Ilustración 18. Localización de edificio de Laboratorios.

De acuerdo con la tabla 4, la edificación debe cumplir con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10, la cual indica que por clasificarse como una ocupación de alta peligrosidad requiere un sistema de rociadores automáticos, diseñado con las más estrictas especificaciones de la norma para instalaciones de sistema de rociadores NFPA 13, que contienen las versiones más recientes.

Además, requiere un sistema de tomas fijas de agua para bomberos y mangueras para extinción de incendios, diseñados con las más estrictas especificaciones de la norma para

instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras NFPA 14, en sus versiones más recientes.

Por esta razón, la edificación cuenta con una clasificación para la zona de estacionamiento de riesgo ordinario 1 y para los pisos de laboratorios una clasificación de riesgo ordinario 2.

El diseño del sistema de rociadores funciona con las siguientes condiciones mínimas: 34,7 l/s (550 gpm), con una presión mínima para cada rociador automático de 0,49 kg/cm² (7 psi). Para el diseño del sistema de tomas fijas de agua para bomberos se requieren 47,3 l/s (750 gpm), con una presión mínima en la toma fija más alejada de 7 kg/cm² (100 psi).

Tomando las condiciones más críticas de los sistemas, el edificio demanda un caudal de 47,3 l/s (750 gpm), con una presión en la toma fija más remota de 7 kg/cm² (100 psi).

La capacidad del tanque debe ser suficiente para abastecer 34,7 lt/s (550 gpm), durante un periodo mínimo de 60 minutos, es decir, contener un volumen de 125 m³.

LABORATORIOS L1 y L2

Son edificaciones de un solo nivel, construidos antes del año 2010, con un área aproximada de 2 200 m² de construcción.

Las ilustraciones 19 y 20 muestran la localización y una fotografía de estos laboratorios.

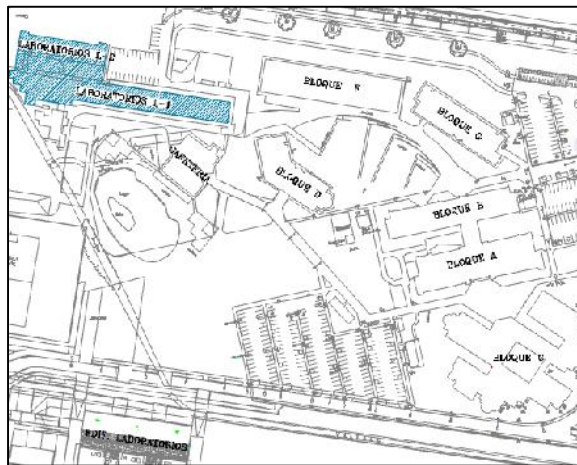


Ilustración 19. Localización de los laboratorios L-1 y L-2.

un sistema de bombeo para protección contra incendios, una red de mangueras y tomas fijas de agua. El edificio de laboratorios que está en construcción contará con un sistema de rociadores automáticos. En el Anexo D se presenta el plano de la red principal de extinción de incendios de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

El Bloque C cuenta con un sistema de extinción de incendios, aunque la normativa no lo exige. Este sistema garantiza el cumplimiento del Acuerdo 20, en relación con el diseño de los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua con sistema Clase III, el cual demanda un caudal de 35 lt/s (553 gpm) en la primera tubería vertical y en una adicional 15 lt/s (237 gpm), con una presión en la toma fija de agua más alejada de 3,8 kg/cm² (54 psi).

Igualmente sucede con el Bloque G, ya que la normativa no exige la instalación de un sistema de extinción de incendios; sin embargo, cuenta con un sistema de mangueras contra incendios, el cual garantiza el cumplimiento del Acuerdo 20, en relación con el diseño de los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua Clase III, que demanda un caudal de 35 lt/s (553 gpm) en la tubería vertical, con una presión en la toma de bomberos más alejada de 3,8 kg/cm² (54 psi).

La tabla 6 muestra el consolidado de las demandas para presión y caudal de cada una de las edificaciones del campus de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

Con base en la metodología propuesta se definieron las presiones requeridas en la entrada de cada edificio, con la demanda de presión en la toma fija de agua más alejada de la edificación, más la altura medida desde 50 cm por debajo del nivel del andén y un incremento de 10% en pérdidas por accesorios (estos valores se pueden definir al revisar en detalle los cálculos; infortunadamente, esta información no está disponible).

	ALTURA GAB[PIES]	PRESION REQ. [PSI]	PRESION REQ. [PIES]	CAUDAL REQ.[GPM]
BLOQUE A	26,1	54	165,73	790
BLOQUE B	21,16	54	160,29	553
BLOQUE C	18,2	54	157,04	790
BLOQUE D	29,1	54	169,03	553
BLOQUE F	30,83	54	170,93	790
BLOQUE G	17,8	54	156,60	553
COLISEO	29,85	54	169,85	790
ED. LAB.	37,41	100	294,89	750

Tabla 6. Demandas de presión y caudal de las edificaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

Con las condiciones que aparecen en la tabla 6 se realizó una validación hidráulica, tomando como referencia el plano de diseño incorporado ECI y asumiendo diámetros y longitudes en tramos no existentes.

7 VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED PRINCIPAL CONTRA INCENDIOS DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

A partir de las condiciones hidráulicas determinadas en la aplicación de la metodología en cada una de las edificaciones de la universidad se hizo una validación en el programa EPANET, con el fin de hacer recomendaciones sobre el equipo de bombeo requerido para el adecuado funcionamiento de los sistemas contra incendios.

Para definir las características de la bomba contra incendios se escoge un caudal y una presión nominal de trabajo, que cumpliera las demandas en el edificio más desfavorable.

Aunque las normas NFPA recomiendan que el diseñador cuente con programas específicos para validar las redes de protección contra incendios, que satisfagan las memorias de cálculo solicitadas por la normativa y la autoridad competente, el programa EPANET realiza simulaciones en periodos extendidos del comportamiento hidráulico, permitiendo la evaluación del flujo en las tuberías, la presión en los nudos de demanda, el nivel del agua en los almacenamientos, los tiempos de permanencia del agua en la red, entre otros. Este programa simula una aproximación del comportamiento de la red de protección contra incendios.

A pesar de que existen varias fórmulas para definir las pérdidas de carga en una tubería y su precisión, la NFPA recomienda la de Hazen-Williams para la mayoría de los trabajos hidráulicos de protección contra incendios. Por lo tanto, las exigencias en memorias de cálculo y programas especializados se encuentran basados en dicha fórmula. Actualmente en Colombia no existe una autoridad competente que exija el cumplimiento estricto de las normas internacionales, razón por la cual el diseñador tiene libertad de decidir cuál de las formulas es la más conveniente para la elaboración de las redes de extinción de incendios.

El código del fuego, NFPA 1, en el Título 4.2 establece que todos los métodos para la protección contra incendios deben suponer que no ocurrirán incidentes simultáneos. La suposición de incendio único no debe excluir la evaluación de escenarios múltiples.

La validación se realiza con la fórmula de Hazen-Williams con unidades en sistema inglés, el caudal en galones por minuto (gpm), la altura en pies (ft), el tiempo en segundos (s) y el diámetro en pulgadas ("). Se supone un peso específico del agua de $62,4 \text{ lbf/ft}^3$ y una viscosidad relativa de $0,94 \text{ ft}^2/\text{d}$. Debido a que la tubería de la red principal se encuentra enterrada se establece que su material es PVC C900, cumpliendo con la norma AWWA C900 de las normas internacionales NFPA.

La norma NFPA 13 establece un sistema de correlación de longitudes equivalentes, con base en las de la tubería de acero carbono cédula 40. A continuación se presenta la tabla 23.4.4.7.1 de la norma NFPA 13, que muestra los coeficientes de rugosidad de Hazen-

Williams (H-W) más utilizados en los diseños de las redes de protección contra incendios (ilustración 24).

Table 23.4.4.7.1 Hazen-Williams C Values

Pipe or Tube	C Value*
Unlined cast or ductile iron	100
Black steel (dry systems including preaction)	100
Black steel (wet systems including deluge)	120
Galvanized steel (dry systems including preaction)	100
Galvanized steel (wet systems including deluge)	120
Plastic (listed) all	150
Cement-lined cast- or ductile iron	140
Copper tube or stainless steel	150
Asbestos cement	140
Concrete	140

*The authority having jurisdiction is permitted to allow other C values.

Ilustración 24. Tabla 23.4.4.7.1 Valores de C Hazen-Williams. Norma NFPA 13, edición 2013.

El coeficiente de rugosidad H-W para el material PVC (plástico) es de 150. La tabla 23.4.3.2.1 de la norma NFPA 13 indica un factor multiplicador de 1.51, que se debe aplicar a las longitudes equivalentes de la tubería acero carbono cédula 40 (ilustración 25).

Table 23.4.3.2.1 C Value Multiplier

Value of C	100	130	140	150
Multiplying factor	0.713	1.16	1.33	1.51

Note: These factors are based upon the friction loss through the fitting being independent of the C factor available to the piping.

Ilustración 25. Factor multiplicador. Norma NFPA 13, edición 2013.

El factor multiplicador es el resultado del cociente del diámetro interno del material PVC C900 con el diámetro interno de la tubería acero carbono cédula 40, elevado a 4,87.

La tabla 23.4.3.1.1 de la norma NFPA 13 establece las longitudes equivalentes para la tubería acero carbono cédula 40 (ilustración 26). Sobre estas longitudes, multiplicadas por el factor 1.51, se ingresan las longitudes totales al programa EPANET.

Table 23.4.3.1.1 Equivalent Schedule 40 Steel Pipe Length Chart

Fittings and Valves	Fittings and Valves Expressed in Equivalent Feet (Meters) of Pipe														
	½ in. (15 mm)	¾ in. (20 mm)	1 in. (25 mm)	1¼ in. (32 mm)	1½ in. (40 mm)	2 in. (50 mm)	2½ in. (65 mm)	3 in. (80 mm)	3½ 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)
45° elbow	—	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 (3.4)	13 (4)
90° standard elbow	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)
90° long-turn elbow	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)
Tee or cross (flow turned 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)
Butterfly valve	—	—	—	—	—	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)
Gate valve	—	—	—	—	—	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)
Swing check*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (9.3)	45 (13.7)	55 (16.8)	65 (20)

For SI units, 1 in. = 25.4 mm; 1 ft = 0.3048 m.

Note: Information on ½ in. pipe is included in this table only because it is allowed under 8.15.19.4 and 8.15.19.5.

*Due to the variation in design of swing check valves, the pipe equivalents indicated in this table are considered average.

Ilustración 26. Tabla 23.4.3.1.1 Longitudes equivalentes para accesorios en acero cédula 40, con coeficiente C=120. Norma NFPA 13, edición 2013.

De acuerdo con los planos arquitectónicos, los trazados y diámetros de las redes contra incendios de la Escuela Colombiana de Ingeniería, se dibuja la red en el programa EPANET y se supone un trazado y diámetros para los edificios que no cuentan con redes. Se plantea una única tubería de 8", saliendo del cuarto de bombas. La ilustración 27 muestra el recorrido de las tuberías. Se recomienda revisar el anexo D, plano de diseño RCI, para mayor comprensión de los trazados.

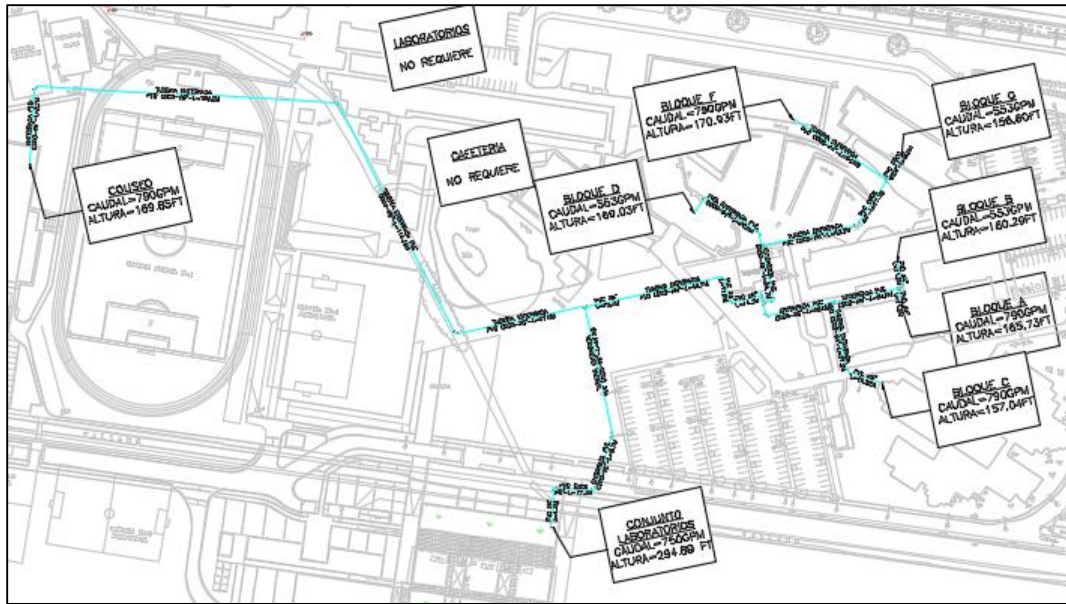


Ilustración 27. Recorrido de las tuberías diseñadas.

A partir del trazado de la red se establecen 30 tramos de tubería, 31 nudos de conexión, una bomba y un almacenamiento. A continuación se muestra el esquema realizado en el programa EPANET (ilustración 28).

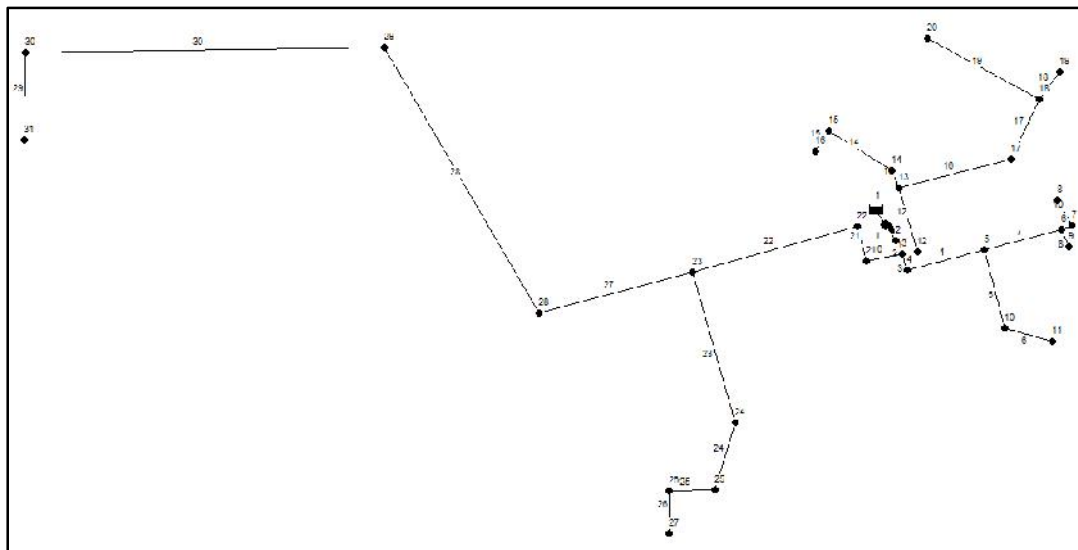


Ilustración 28. Esquema de diseño elaborado en el programa EPANET.

En la tabla 6 se relacionan los nudos de demanda, con la presión y el caudal requeridos para ingresarlos al sistema.

	NUDOS	PRESION REQ. [PIES]	CAUDAL REQ.[GPM]
BLOQUE A	9	165,73	790
BLOQUE B	8	160,29	553
BLOQUE C	11	157,04	790
BLOQUE D	16	169,03	553
BLOQUE F	20	170,93	790
BLOQUE G	19	156,60	553
COLISEO	31	169,85	790
ED. LAB.	27	294,89	750

Tabla 6. Relación de nodos de demanda.

En el programa EPANET se ingresan los valores de presión en la casilla de alturas, como cabeza dinámica total, es decir, en pies columna de agua. También la información del diámetro y la longitud total en los tramos de las redes existentes. Para los tramos no existentes se determina la longitud con el plano arquitectónico y se suponen los diámetros iniciales. En la tabla 7 se describen los diámetros, longitudes, accesorios asumidos en la trayectoria del flujo, la longitud equivalente y la longitud total de cada tramo.

TUBERIA	NUDO INICIAL	NUDO FINAL	DIAM INICIAL ["]	LONG. TUB [M]	LONG. TUB[PIES]	LONGITUDES EQUIVALENTES					LOG EQ.[PIES]	LOG TOTAL[PIES]
						C45º	C90º	TEE	VAL	CHEQ		
1	1	2	8	4	13,12		2		1		18,2878	31,41
2	2	3	8	8,3	27,23		2	2	1	1	246,13	273,36
3	3	4	4	9,1	29,86			1			30,2	60,06
4	4	5	4	29,95	98,26			1			15,1	113,36
5	5	10	3	31,19	102,33			1			22,65	124,98
6	10	11	3	15,93	52,26		2				21,14	73,40
7	5	6	4	24,6	80,71			1			30,2	110,91
8	6	9	3	128	419,95		2				21,14	441,09
9	6	7	3	2	6,56			1			22,65	29,21
10	7	8	3	11,76	38,58		2				21,14	59,72
11	3	12	3	4,72	15,49			1			22,65	38,14
12	12	13	3	24,75	81,20			1			10,57	91,77
13	13	14	3	6,37	20,90			1			10,57	31,47
14	14	15	3	20,9	68,57	1					4,53	73,10
15	15	16	3	90	295,28		2				21,14	316,42
16	13	17	3	42,9	140,75			1			22,65	163,40
17	17	18	3	17,7	58,07	1					4,53	62,60
18	18	19	3	34	111,55			1			22,65	134,20
19	18	20	3	76	249,34		2				21,14	270,48
20	3	21	8	14,3	46,92			1			52,85	99,77
21	21	22	8	11,8	38,71		1				27,18	65,89
22	22	23	8	43,1	141,40		1				27,18	168,58
23	23	24	8	57,8	189,63			1			52,85	242,48
24	24	25	8	8,7	28,54	1					13,59	42,13
25	25	26	8	17,4	57,09		1				27,18	84,27
26	26	27	8	23	75,46		2				54,36	129,82
27	23	28	4	57,9	189,96			1			30,2	220,16
28	28	29	4	114,15	374,51			1			15,1	389,61
29	30	31	4	91,5	300,20			2			3,02	303,22
30	29	30	4	124	406,82		1				15,1	421,92

Tabla 7. Información de los diámetros supuestos y las longitudes.

Se realizaron ocho validaciones hidráulicas, correspondientes a los edificios principales del campus de la universidad. Se observó mayor demanda de caudal y presión en el Bloque A, el cual requiere un caudal de 790 gpm y una presión de 165,73 ft. El flujo hace un recorrido de 1158,69 ft con tubería de PVC C900, con diámetros de 8, 4 y 3”.

Para cumplir con la presión en el Bloque A se validó la red con una bomba comercial de 750 gpm, con presiones nominales de 901 ft (390 psi), 912 ft (395 psi) y 924 ft (400 psi). Las curvas de bombas que se ingresaron al programa cumplen con las características exigidas por la norma NFPA 20, según la cual debe suministrar 150% de su caudal nominal a un 65% de presión nominal y, a caudal cero, no debe alcanzar más del 140% de la presión nominal.

A continuación se muestran los resultados de la red general contra incendios que conduce el agua hacia el Bloque A, con las diferentes características (presiones) de las bombas contra incendios.

- **BOMBA DE 750 GPM A 901 FT (390 PSI)**

Validación hidráulica con una bomba de caudal nominal de 750 gpm, a una presión de 901 ft (390 psi). La ilustración 29 muestra la curva de la bomba seleccionada.

CAUDAL [GPM]	ALTURA [FT]
0	1261
750	901
1125	585

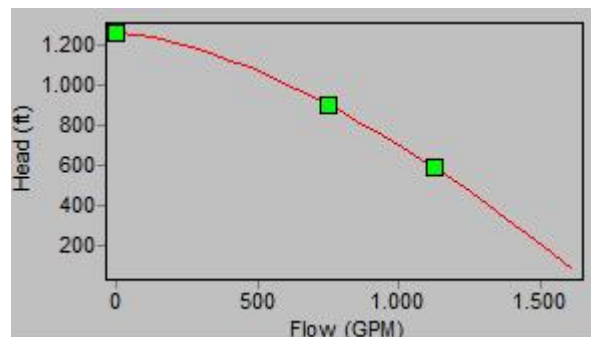


Ilustración 29. Curva de la bomba con presión nominal de 901 ft (390 psi)

La ilustración 30 representa el esquema de validación en el programa EPANET, con los caudales en los tramos y las presiones en los nodos.

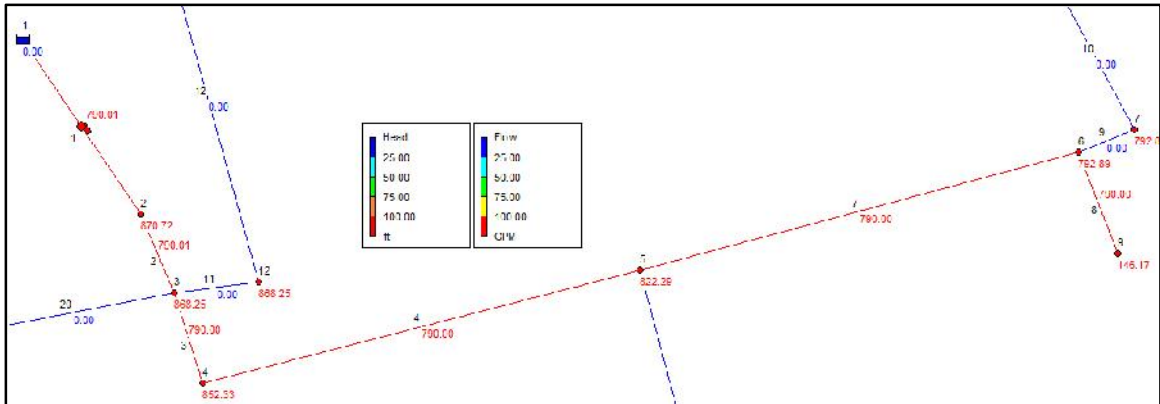


Ilustración 30. Esquema de validación EPANET, Bloque A. Bomba 901 ft (390 psi)

El flujo cuenta con un caudal de 790 gpm, una presión en el Bloque Ade 146.17 ft y una velocidad máxima en la red de 35.86 ft/s.

En las tablas 7 y 8 se muestran los resultados de la validación de la red general con una bomba de 750 gpm y una presión de 901 ft (390 psi).

Tabla de Red - Líneas					
ID Línea	Longitud ft	Diámetro in	Rugosidad	Caudal GPM	Velocidad fps
Línea 2	273.36	8	150	790.01	5.04
Línea 3	60.06	4	150	790.00	20.17
Línea 4	113.36	4	150	790.00	20.17
Línea 7	110.91	4	150	790.00	20.17
Línea 8	601	3	150	790.00	35.86
Bomba 1	#N/A	#N/A	#N/A	790.01	0.00

Tabla 7. Resultados en las líneas. Validación hidráulica del Bloque A. Bomba 901 ft (390 psi)

Tabla de Red - Nudos		
ID Nudo	Demanda GPM	Altura ft
Nudo 2	0.00	870.72
Nudo 3	0.00	868.25
Nudo 4	0.00	852.33
Nudo 5	0.00	822.29
Nudo 6	0.00	792.89
Nudo 9	790.00	146.17
Tanque 1	-790.01	0.00

Tabla 8. Resultados en los nudos, validación hidráulica del Bloque A. Bomba 901 ft (390 psi)

De acuerdo con la tabla 6, se garantiza el caudal en el bloque A, pero la presión no es la requerida.

- **BOMBA DE 750 GPM A 912 FT (395 PSI)**

Validación hidráulica con una bomba de caudal nominal de 750 gpm, a una presión de 912 ft (395 psi). La ilustración 31 muestra la curva de la bomba seleccionada.

CAUDAL[GP M]	ALTURA [FT]
0	1276
750	912
1125	592

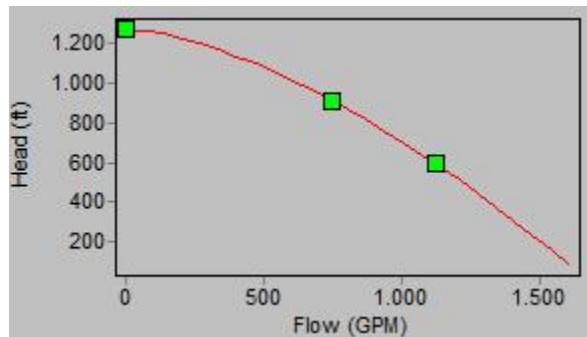


Ilustración 31. Curva de la bomba con presión nominal de 912 ft (395 psi)

La ilustración 32 muestra el esquema de validación en EPANET, con los caudales en los tramos y las presiones en los nodos.

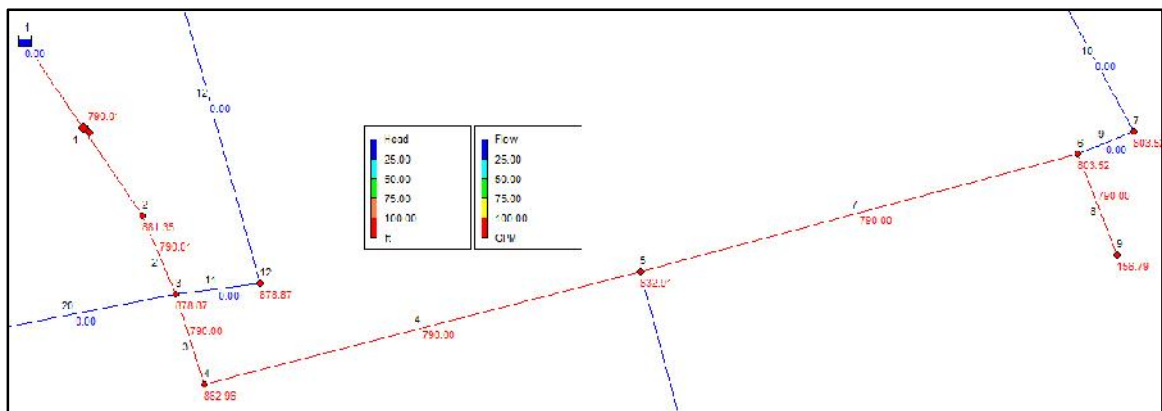


Ilustración 32. Esquema de validación EPANET, Bloque A. Bomba 912 ft (395 psi)

El flujo tiene un caudal de 790 gpm, una presión en el Bloque Ade 156.79 ft y una velocidad máxima en la red de 35.86 ft/s.

En las tablas 9 y 10 se muestran los resultados de la validación de la red general con una bomba de 750 gpm y una presión de 912 ft (395 psi).

Tabla de Red - Líneas					
ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad
	ft	in		GPM	fps
Línea 2	273.36	8	150	790.01	5.04
Línea 3	60.06	4	150	790.00	20.17
Línea 4	113.36	4	150	790.00	20.17
Línea 7	110.91	4	150	790.00	20.17
Línea 8	601	3	150	790.00	35.86
Bomba 1	#N/A	#N/A	#N/A	790.01	0.00

Tabla 9. Resultados en las líneas. Validación hidráulica del Bloque A. Bomba 912 ft (395 psi)

Tabla de Red - Nudos		
ID Nudo	Demanda	Altura
	GPM	ft
Nudo 2	0.00	881.35
Nudo 3	0.00	878.87
Nudo 4	0.00	862.96
Nudo 5	0.00	832.91
Nudo 6	0.00	803.52
Nudo 9	790.00	156.79
Tanque 1	-790.01	0.00

Tabla 10. Resultados en los nudos, validación hidráulica del Bloque A. Bomba 912 ft (395 psi)

De acuerdo con la tabla 6, se garantiza el caudal en el bloque A, pero la presión no es la requerida.

- **BOMBA DE 750 GPM A 924 FT (400PSI)**

Validación hidráulica con una bomba de caudal nominal de 750 gpm, a una presión de 924 ft (400 psi). La ilustración 33 muestra la curva de la bomba seleccionada.

CAUDAL [GPM]	ALTURA [FT]
0	1293
750	924
1125	600

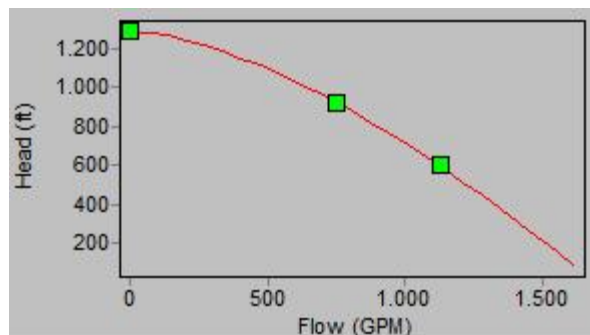


Ilustración 33. Curva de la bomba con presión nominal de 924 ft (400 psi)

La ilustración 34 presenta el esquema de validación en EPANET, con los caudales en los tramos y las presiones en los nudos.

ING. DANA CAROLINA AGUDELO CALDERÓN

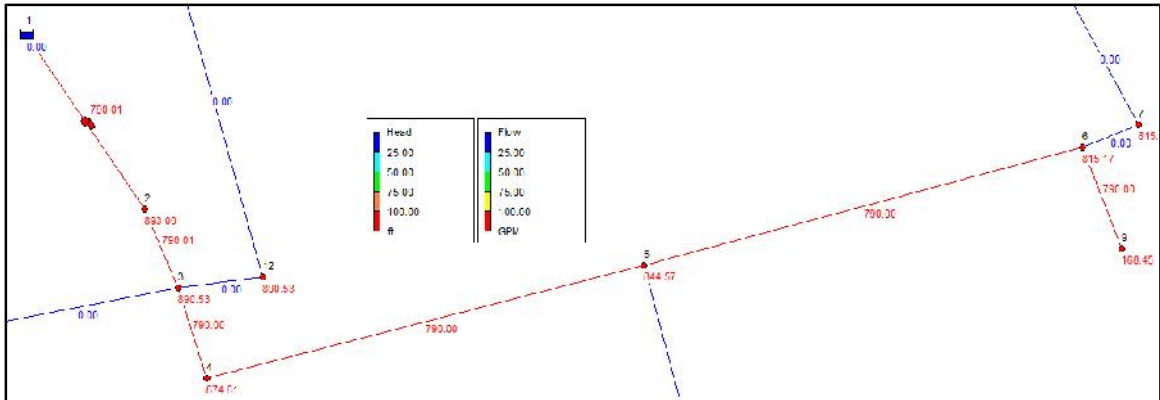


Ilustración 34. Esquema de validación EPANET, Bloque A. Bomba 924 ft (400 psi)

El flujo cuenta con un caudal de 790 gpm, una presión en el Bloque A de 168.45 ft y una velocidad máxima en la red de 35.86 ft/s.

En las tablas 11 y 12 se muestran los resultados de la validación de la red general con una bomba de 750 gpm y una presión de 924 ft (400 psi).

Tabla de Red - Líneas					
ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad
	ft	in		GPM	fps
Línea 2	273,36	8	150	790,01	5,04
Línea 3	60,06	4	150	790	20,17
Línea 4	113,36	4	150	790	20,17
Línea 7	110,91	4	150	790	20,17
Línea 8	601	3	150	790	35,86
Bomba 1	#N/A	#N/A	#N/A	790,01	0

Tabla 11. Resultados en las líneas. Validación hidráulica del Bloque A. Bomba 924 ft (400psi)

Tabla de Red - Nudos		
ID Nudo	Demanda	Altura
	GPM	ft
Nudo 2	0	893
Nudo 3	0	890,53
Nudo 4	0	874,61
Nudo 5	0	844,57
Nudo 6	0	815,17
Nudo 9	790	168,45
Tanque 1	-790,01	0

Tabla 12. Resultados en los nudos, validación hidráulica del Bloque A. Bomba 924 ft (400 psi)

El caudal y la presión cumplen con lo requerido para el Bloque A, de acuerdo con la tabla 6.

A partir de las anteriores validaciones, una bomba contra incendios con un caudal de 750 gpm y una presión nominal de 924 ft (400 psi) es la recomendada para el diseño de las

ING. DANA CAROLINA AGUDELO CALDERÓN

redes generales contra incendios, conservando los diámetros de las tuberías existentes y garantizando el cumplimiento de las condiciones hidráulicas establecidas por la normativa colombiana aplicada a las edificaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

A continuación (tabla 13) se resumen los caudales, las presiones requeridas, la presión disponible y un factor de seguridad por cada edificación, validando el diseño con una bomba cuya presión es de 924 ft (400 psi).

	NUDOS	PRESION REQ. [PIES]	CAUDAL REQ.[GPM]	PRESION DISP [PIES]	FACTOR DE SEG. [%]
BLOQUE A	9	165,73	790	168,45	1,6%
BLOQUE B	8	160,29	553	973,42	507,3%
BLOQUE C	11	157,04	790	631,09	301,9%
BLOQUE D	16	169,03	553	755,55	347,0%
BLOQUE F	20	170,93	790	216,48	26,6%
BLOQUE G	19	156,60	553	789,34	404,1%
COLISEO	31	169,85	790	287,79	69,4%
ED. LAB.	27	294,89	750	914,9	210,3%

Tabla 13. Resumen de las condiciones hidráulicas requeridas y disponibles.

La tabla 14 muestra los diámetros finales empleados en la validación de la red general con una bomba con presión de 924 ft (400psi).

TUBERIA	NUDO INICIAL	NUDO FINAL	DIAM ["]	TUBERIA	NUDO INICIAL	NUDO FINAL	DIAM ["]
				16	13	17	3
2	2	3	8	17	17	18	3
3	3	4	4	18	18	19	3
4	4	5	4	19	19	20	3
5	5	10	3	20	3	21	8
6	10	11	3	21	21	22	8
7	5	6	4	22	22	23	8
8	6	9	3	23	23	24	8
9	6	7	3	24	24	25	8
10	7	8	3	25	25	26	8
11	3	12	3	26	26	27	8
12	12	13	3	27	23	28	4
13	13	14	3	28	28	29	4
14	14	15	3	29	30	31	3
15	15	16	3	30	23	30	4

Tabla 14. Diámetros finales de los tramos de la red validada en EPANET.

CONCLUSIONES

Las normas internacionales NFPA han sido la base para elaborar la normativa nacional y distrital, por lo cual, si se cumplen los requerimientos de esa normativa se garantiza una mayor protección para eventos de incendio o similares.

La NSR 10 cuenta con el respaldo de las normas NTC 2301, NTC 1669 y NFPA para definir las condiciones hidráulicas de las redes contra incendios de las edificaciones. Si se requiere cumplir con el Acuerdo 20, en el capítulo D se definen las condiciones hidráulicas.

Con base en la tabla 3, metodología para definir la normativa aplicable, con la licencia de construcción se identifica las normas aplicables de protección contra incendios a una construcción nueva o existente en la ciudad de Bogotá.

La tabla 4, requerimientos NSR 10, define los requerimientos de redes de extinción de incendios en edificaciones nuevas en el territorio colombiano.

La tabla 5, requerimientos Acuerdo 20, define los requerimientos que se debieron aplicar en una edificación construida antes del año 2010 en la ciudad de Bogotá.

A menos que se establezca una autoridad competente para revisar, inspeccionar y aprobar los diseños y construcciones con la adecuada protección contra incendios, la interpretación e implementación de las normativas siguen siendo subjetivas por parte de los diseñadores.

Después de implementar la metodología en el campus de la Escuela de Ingeniería se observó la ausencia de sistemas de protección contra incendios en el coliseo “El Otoño” y en el Bloque F, los cuales deberían cumplir las exigencias de la normativa distrital, Acuerdo 20 de 1995.

Debido a las ampliaciones arquitectónicas de los últimos diez años en la Escuela Colombiana de Ingeniería, la red hidráulica contra incendios cuenta con adiciones, lo cual afecta la optimización y funcionamiento de la red.

Existe ausencia de información en el plano de la red principal contra incendio la universidad, razón por la cual fue necesario suponer información para realizar las validaciones hidráulicas.

A partir de la validación hidráulica y de acuerdo con los parámetros establecidos en la NFPA, se eligió una bomba contra incendios con un caudal de 750 gpm y una presión nominal de 924 ft (400 psi) para el diseño de la red general contra incendio de la institución, conservando los diámetros de las redes existentes.

El tanque de almacenamiento de agua exclusivo para extinción de incendios debe tener una capacidad de 125 m³, de acuerdo con la mayor demanda de agua encontrada en el edificio de laboratorios.

RECOMEDACIONES

Este documento presenta flujogramas para la aplicación de normativas en edificaciones nuevas y existentes para la ciudad de Bogotá. Para analizar edificaciones existentes en otra ciudad, se recomienda revisar la normativa distrital.

La NFPA cuenta con más de 300 códigos o normas sobre la protección contra incendios. Se recomienda consultar la norma que más aplique al proyecto, dependiendo del uso de la edificación.

Para el buen funcionamiento de las redes de extinción de incendios, éstos se deben complementar con adecuados sistemas de detección y alarma, sistemas de seguridad humana y aislamiento de zonas para evitar la propagación del fuego.

Se recomienda realizar inspecciones periódicas, pruebas y mantenimiento a los equipos y sistemas contra incendios, de acuerdo con la norma NFPA 25.

Para instalar el diseño de la red general contra incendios que se realizó en este proyecto de grado lo debe verificar y avalar una compañía especializada.

Se recomienda realizar un levantamiento de las redes de protección contra incendios que existen actualmente en la Escuela de Ingeniería para identificar su estado actual.

Se requiere optimizar la red de protección contra incendios de la universidad para proteger la vida humana, las instalaciones, la maquinaria y los equipos.

Se recomienda instalar sistemas de extinción de incendios en las edificaciones sin protección, ya sea con rociadores automáticos o sistema de mangueras, que cumplan con las normas vigentes para su diseño, montaje, mantenimiento e inspección.

Se recomienda que los tanques de suministro de agua para la red de extinción de incendios sean independientes de los de consumo diario, para evitar la contaminación de estos últimos y garantizar el mínimo almacenaje requerido por los sistemas contra incendios.

Es importante que la Escuela Colombiana de Ingeniería tome conciencia del riesgo de incendios en sus instalaciones, desarrollando programas y sistemas de prevención y atención.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo 20 de 1995. Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá. Consejo de Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital (octubre 20 de 1995).
- NSR 98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (9 de enero de 1998).
- NSR 10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (19 de marzo de 2010).
- NTC 2301. Norma para la instalación de sistemas de rociadores. Icontec (14 de diciembre del 2011).
- NTC 1669. Norma para la instalación de conexiones de mangueras contra incendio. Icontec (30 de septiembre del 2009).
- NFPA 1. Fire Code. National Fire Protection Association, edición 2013.
- NFPA 13. Standard for the Instalation of Sprinkler Systems. National Fire Protection Association, edición 2013.
- NFPA 14. Standard for the Instalation of Standpipes and Hose Systems. National Fire Protection Association, edición 2013.
- NFPA 20. Standard for the Instalation of Stationary Pumps for Fire Protection. National Fire Protection Association, edición 2013.
- NFPA 24. Standard for the Instalation of Private Fire Service Mains and their Appurtenances. National Fire Protection Association, edición 2013.
- NFPA 101. Life Safety Code. National Fire Protection Association, edición 2013.
- Ley 1575 de 2012. Ley general de bomberos de Colombia. Congreso de Colombia (21 de agosto del 2012).
- Camacol. Informe económico. ISSN 2011-7444. Diciembre de 2013. http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20T%C3%A9cnico%20Diciembre%202013%20-%20No%20%2055_0.pdf.