

**“ANÁLISIS DE RIESGO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO  
DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, SEDE CALLE 100”**

**IC-026-2010**

**DANA CAROLINA AGUDELO CALDERÓN**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2011**

**“ANÁLISIS DE RIESGO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO  
DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, SEDE CALLE 100”**

**IC-026-2010**

**DANA CAROLINA AGUDELO CALDERÓN**

**Proyecto de grado para optar el título de  
Ingeniero Civil**

**Tutor**

**ING. SANTIAGO LOBO GUERRERO URIBE**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2011**

Mi padre, quien siempre me ha estado  
apoyando en toda la carrera,  
a mi madre, hermana y Jesús Antonio  
quienes sin ellos no habría podido crecer  
como profesional y ser la persona  
que hoy soy.

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora expresa su agradecimiento a:

Santiago Lobo Guerrero Uribe, Ingeniero Civil, profesor y guía en todo el proceso de investigación.

Ivonne Sotelo Calderón, Ingeniera Civil, por sus apreciables enseñanzas, contribuciones y empeño en la realización del proyecto.

OSHO Ingeniería Ltda., compañía en la cual crecí como profesional y desarrolle todas mis habilidades.

SIG Ingeniería, compañía donde soy socia y de la cual he obtenido enseñanzas, material técnico de consulta y un futuro por emprender.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
<b>FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>19</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>22</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>23</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>23</b>
<b>1 MARCO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
<b>1.1 LA QUÍMICA DEL FUEGO</b>	<b>24</b>
<b>1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROPAGACIÓN DE INCENDIOS</b>	<b>25</b>
1.2.1 Productos de la combustión	25
1.2.2 Explosiones	26
<b>1.3 PRINCIPIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS</b>	<b>26</b>
<b>1.4 COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN ESPACIOS CONFINADOS</b>	<b>27</b>
<b>1.5 PROTECCIÓN PASIVA Y ACTIVA</b>	<b>28</b>
<b>1.6 NORMAS NFPA</b>	<b>28</b>
1.6.1 Definiciones oficiales de la NFPA	29
<b>2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA</b>	<b>30</b>
<b>2.1 CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA, NFPA 101</b>	<b>30</b>
2.1.1 Clasificación de la ocupación y riesgo de contenidos	30
<b>2.2 NORMA DE PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMA DE ROCIADORES NFPA13</b>	<b>32</b>
2.2.1 Clasificación por Ocupación	32
2.2.2 Clasificación por Productos	33
<b>2.3 BOMBAS CONTRA INCENDIO SEGÚN NFPA 20</b>	<b>34</b>
<b>2.4 SISTEMAS DE TUBERÍA Y MAGUERAS (RED GENERAL), SEGÚN NFPA 14</b>	<b>35</b>
<b>3 ANÁLISIS DE RIESGO EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, SEDE CALLE 100.</b>	<b>37</b>
<b>3.1 ANÁLISIS DE RIESGOS SEGÚN NFPA 101 Y NFPA 1</b>	<b>37</b>

3.1.1	Generalidades	37
3.1.2	Análisis de la Zona según el Riesgo	38
3.1.3	Cálculo Carga Ocupacional	39
3.1.4	Número de Salidas Requeridas Según Carga Ocupacional	41
<b>3.2</b>	<b>ANÁLISIS DE RIESGOS SEGÚN NFPA 13 Y 14</b>	<b>48</b>
3.2.1	Riesgo Leve	48
3.2.2	Riesgo Ordinario I	48
3.2.3	Riesgo Ordinario II	49
3.2.4	Almacenamiento Diverso	49
<b>4</b>	<b>OPTIMIZACIÓN RED CONTRA INCENDIO EXISTENTE</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>INSPECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA RED HIDRÁULICA CONTRA INCENDIO EXISTENTE</b>	<b>50</b>
4.1.1	Gabinetes Contra Incendio	50
4.1.2	Conexión a bomberos	66
4.1.3	Equipo de Bombas	67
<b>5</b>	<b>DISEÑO DE RED GENERAL EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, SEDE CALLE 100.</b>	<b>69</b>
<b>5.1</b>	<b>MEMORIAS DE CÁLCULO</b>	<b>70</b>
5.1.1	Criterios de Diseño	71
5.1.2	Explicación de Memorias de Cálculo	71
<b>5.2</b>	<b>CANTIDADES DE OBRA</b>	<b>74</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>77</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>79</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>81</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación de zonas. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	38
Figura 2. Ubicación de salidas de emergencia. Edificio B, C, D y E. Planta primer piso. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	43
Figura 3. Ubicación de salidas de emergencia. Edificio F. Planta primer piso. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	43
Figura 4. Ubicación de salidas de emergencia. Edificio Administrativo. Planta primer piso. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	44
Figura 5. Ubicación de salidas de emergencia. Aula Máxima. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	45
Figura 6. Ubicación de salidas de emergencia. Capilla. Primer Piso. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	46
Figura 7. Ubicación de salidas de emergencia. Gimnasio. Sótano. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	47
Figura 8. Ubicación de salidas de emergencia. Oficinas. Segundo y tercer piso. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	47
Figura 9. Gabinete contra incendio existente. Sótano Edificio A	51
Figura 10. Gabinete contra incendio existente. Piso 1. Edificio A	52
Figura 11. Gabinete contra incendio existente. Piso 2. Edificio A	53
Figura 12. Gabinete contra incendio existente. Piso 3. Edificio A	54
Figura 13. Gabinete contra incendio existente. Piso 4. Edificio A	55
Figura 14. Gabinete contra incendio existente. Piso 1. Edificio B	56

Figura 15.	Gabinete contra incendio existente. Piso 2. Edificio B	57
Figura 16.	Gabinete contra incendio existente. Piso 3. Edificio B	58
Figura 17.	Gabinete contra incendio existente. Piso 1. Edificio C	59
Figura 18.	Gabinete contra incendio existente. Piso 2. Edificio C	60
Figura 19.	Gabinete contra incendio existente. Piso 3. Edificio C	61
Figura 20.	Gabinete contra incendio existente. Sótano. Edificio D	62
Figura 21.	Gabinete contra incendio existente. Piso 1. Edificio D	63
Figura 22.	Gabinete contra incendio existente. Piso 2. Edificio D	64
Figura 23.	Gabinete contra incendio existente. Piso 3. Edificio D	65
Figura 24.	Gabinete contra incendio sin dotación alguna. Ubicado en el sótano del Edificio E.	66
Figura 25.	Conexión a bomberos existente. Piso 1. Edificio Administrativo A.	66
Figura 26.	Cuarto de Bombas.	67
Figura 27.	Succión de la Bomba contra incendios.	68
Figura 28.	Explicación de Memorias de Cálculo. Tramos	71
Figura 29.	Explicación de Memorias de Cálculo. Nodos	72
Figura 30.	Explicación de Memorias de Cálculo. Flujo en Tramos	73
Figura 31.	Explicación de Memorias de Cálculo. Flujo en Nodos	74



## LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Carga de ocupantes según su uso.	39
Tabla 2.	Carga de ocupantes. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.	40

## LISTA DE PLANOS

### **Red contra incendio existente**

Edificio A	RCI-UMNG-EX01
Edificio B, C, D, E. Sótano.	RCI-UMNG-EX02
Edificio B, C, D, E. Piso 1.	RCI-UMNG-EX03
Edificio B, C, D, E. Piso 2.	RCI-UMNG-EX05
Edificio B, C, D, E. Piso 3.	RCI-UMNG-EX04
Red contra incendio existente. Vista en Isométrico.	RCI-UMNG-EX06
Sistema de bombas contra incendio existente.	BCI-UMNG-EX07

### **Diseño de la red contra incendio**

Portada	RCI-UMNG-01-2011
Edificios A, B, C, D, E, F y Aula Máxima. Sótano.	RCI-UMNG-02-2011
Edificios A, B, C, D, E, F y Aula Máxima. Primer Piso.	RCI-UMNG-03-2011
Edificios A, B, C, D, E, F y Aula Máxima. Segundo Piso.	RCI-UMNG-04-2011
Edificios A, B, C, D, E, F y Aula Máxima. Tercer Piso.	RCI-UMNG-05-2011
Edificios E, F y Aula Máxima. Cuarto y Quinto Piso.	RCI-UMNG-06-2011
Edificio A, B, C, D y E. Vista en Isométrico.	RCI-UMNG-07-2011
Edificio E, F y Aula Máxima .Vista en Isométrico.	RCI-UMNG-08-2011

## LISTA DE APÉNDICES

- Apéndice A Registro Fotográfico. Red General contra Incendio y Sistema de Bombas. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.
- Apéndice B Memoria de cálculos hidráulicos.
- Apéndice C Tabla de diámetros internos reales y longitudes equivalentes para tubería de acero Schedule 40.
- Apéndice D Solicitud de documentación del sistema de protección contra incendio de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.
- Apéndice E Autorización para la obtención de planos de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.
- Apéndice F Autorización para recorrido en las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.
- Apéndice G Verificación de cálculos en programa "THE SPRINKLER 2001"

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo A Programa de prevención de pérdidas. JARDINE LLOYD THOMPSON. Valencia & Irigorri. Corredores de Seguros S.A. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100. Bogotá D.C. Marzo de 2009.
- Anexo B Informe auditoría al sistema de contra incendio de la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá D.C.

## INTRODUCCIÓN

Las diferentes situaciones de incendios en estructuras, vistas en años pasados han hecho que se adopten sistemas que ayuden a controlar y extinguir el fuego. Estas situaciones demuestran la importancia de realizar un análisis de riesgo o vulnerabilidad a incendios de las estructuras para así realizar un plan para enfrentarla.

Las estructuras nuevas y existentes de diferentes ocupaciones y desempeños deben adecuarse para asumir un incendio. Existen diferentes sistemas que en conjunto ayudan controlando y extinguendo el fuego, al igual que previniendo perdidas humana y materiales. Los sistemas más importantes para enfrentar este tipo de situaciones son: las rutas de evacuación, sistemas de detección y alarma, sistema de rociadores automáticos y sistema de red hidráulica de mangueras.

Las rutas de evacuación, son los caminos señalizados que guían a las personas hacia una zona segura. El sistema de detección y alarma, notifica la evacuación de las personas por existencia de fuego en la estructura. El sistema de rociadores automáticos, controla la existencia del fuego en una zona y se activa por la presencia de humo. Y por último, el sistema de red hidráulica de mangueras tiene como función la extinción del fuego por parte de personal capacitado o especialmente por el personal de bomberos.

Las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, se divide en tres zonas. Zona A, comprendida por los edificios intercomunicados B, C, D, E y F con sus respectivos sótanos y niveles superiores; ésta se caracteriza por contener en su mayoría aulas de estudio y laboratorios. Zona B, edificio Administrativo (A), comprendida por un sótano y 5 niveles de oficinas y salones de reuniones. Y Zona C, comprendido por el Aula máxima, el gimnasio, la capilla y algunas oficinas.

Las instalaciones de la universidad cuenta con gabinetes de mangueras contra incendio conectados a una red hidráulica contra incendios, estos gabinetes están ubicados en los edificios A, B, C y D, en los tres primeros niveles; teniendo así una deficiencia en el alcance del sistema de mangueras contra incendio en los edificios E, F y el aula máxima.

Al final del presente trabajo, se habrá considerado los riesgos de incendio, evaluado el sistema de red contra incendio existente, planeado modificaciones a la red general existente y se habrá conocido la importancia de la Ingeniería de Protección Contra Incendio en instalaciones dedicadas a la Educación.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, posee un análisis de riesgo realizado para el manejo y consulta del Comité Paritario de Salud Ocupacional y un sistema de red contra incendio de más de 20 años sin inspecciones, pruebas y mantenimientos, asumiendo así el incumplimiento con los exigencias establecidas en las Normas NFPA (*National Fire Protection Association*).

Con fundamento en los antecedentes ya enunciados, se pide plantear el problema por medio de las siguientes preguntas:

¿Está preparada la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100 para enfrentar un incendio en las instalaciones del plantel?, ¿Tiene un sistema de red contra incendio disponible para tal caso?

## SUB-PROBLEMAS

- El análisis de riesgo actual, ¿cumple con lo requerido para la optimización del sistema de protección contra incendios en las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100?
- La red general contra incendio existente de la universidad, ¿tiene el alcance y la cobertura requeridos para todas las zonas de las instalaciones?

## **FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, sede cale 100, comprenden un sistema de extinción de incendios conocido como red hidráulica de gabinetes. Estos gabinetes son de Clase III, cumpliendo con los requerimientos especificados en la norma NFPA 14 en el ítem 5.3 Clases de sistemas de Tubería Vertical.

Estos gabinetes se encuentran ubicados en los diferentes edificios de acuerdo con las rutas de evacuación. En el edificio E (Edificio de Ingeniería) se instaló un gabinete ubicado en el sótano, pero no está conectado a alguna red hidráulica ni está dotado para extinción de incendios. El edificio F (Laboratorios de Ingeniería) y el edificio que comprende el Aula Máxima, la capilla y el gimnasio, no tienen gabinetes o válvulas de conexión a bomberos que permitan extinguir algún incendio. Y en el primer piso del edificio Administrativo se encuentra una conexión a bomberos (Siamesa).

A este sistema de red contra incendio no se le ha hecho pruebas para establecer las condiciones de presión y caudal. No se obtiene resultados de pruebas en diferentes puntos hidráulicos de la red principal para la obtención de los anteriores parámetros y determinación de la efectividad del sistema existente.

El presente proyecto tiene como fin proponer soluciones para los puntos anteriormente nombrados basados en el cumplimiento de las normas NFPA para el diseño, montaje, mantenimiento e inspección de Redes Hidráulicas de Gabinetes contra Incendio, desarrollando el siguiente procedimiento:

### **1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**

Se recopilarán los documentos e información relacionada con el análisis de riesgo y la red contra incendio; informes, especificaciones y resultados de inspecciones, pruebas o mantenimientos de los equipos que lo conforman; se realizará la digitación y actualización pertinente a los planos arquitectónicos y el trazado de la red hidráulica contra incendio existente. Ver apéndice D y E.



## **2. VISITA TÉCNICA Y TOMA DE PARÁMETROS DE LA RED HIDRÁULICA, BOMBA CONTRA INCENDIO Y TANQUE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**

Se realizará una visita técnica, donde se revisará el estado y el trazado de la red contra incendio. Para este trazado es necesaria la identificación de la tubería en las instalaciones de la universidad. Se obtendrán mediante inspección, los parámetros de la Bomba Contra Incendios, tales como presión, caudal, serial, si es listada para servicio contra incendios, tipo de bomba (eléctrica – diesel), entre otros. Ver apéndice F.

Se realizará una inspección del trazado de la red, identificando válvulas, boquillas, tuberías, gabinetes y otros, obteniendo la caracterización de cada elemento, determinando así su eficiencia. Ver apéndice A.

Se verificará el estado del tanque de abastecimiento de agua, su capacidad, último mantenimiento e inspección, la succión de la bomba, entre otros.

## **3. ANÁLISIS DE RIESGOS**

Se clasificarán las instalaciones de la Universidad según su ocupación, se determinará la carga ocupacional y la adecuada cantidad de salidas de emergencia. Se analizarán las condiciones físicas de la red actual, los criterios de diseño (demandas de agua y presión), el estado del tanque de abastecimiento y la bomba contra incendio.

## **4. REPLANTEO DE LA RED GENERAL**

Se realizará un replanteo del diseño de la red hidráulica existente, recomendando cambios necesarios para la aprobación, funcionamiento e instalación de este sistema hidráulico.

## **5. VERIFICACIÓN EN SITIO Y MODIFICACIÓN DE PLANOS**

Ya realizado el diseño de la red hidráulica, se procederá a la verificación del diseño con respecto a la distribución de oficinas, aulas, auditorios, entre otros, el cual será en compañía del Arquitecto Manuel Díaz. Lo anterior, para corregir errores de funcionamiento y de instalación para la aprobación del diseño.

## **6. CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

Con la aprobación del diseño de la red hidráulica contra incendio por parte de las Directivas, se procederá a realizar los cálculos hidráulicos, obteniendo los parámetros pertinentes y determinando los diámetros de las tuberías y accesorios que se recomendarán para su instalación.

## **7. CANTIDADES DE OBRA**

Determinados los diámetros de las tuberías y los accesorios requeridos, se procederá a realizar la cuantificación del material necesario para su instalación.

## ANTECEDENTES

Es bien conocido dentro de la historia de la humanidad que los incendios, sobre todo en las zonas urbanas, han afectado a las comunidades con pérdidas de vida de muchas personas, como también se han producido grandes pérdidas de recursos materiales.

Como ejemplo reciente, en el diario “EL PERIODICO” se publicó un artículo el 18 de noviembre de 2007 en Colombia, que da cuenta de un incendio ocurrido en el Almacén ÉXITO en Fontibón, Bogotá, donde hubo pérdidas millonarias y consumió 4.500 metros cuadrados con mercancías.

El incendio se inició en las horas de la mañana cuando los vecinos de esa zona escucharon una explosión. La dimensión del incendio y la propagación del fuego hicieron que llegaran nueve máquinas de extinción del fuego. Este incendio duró cuatro horas y cubrió sus llamas el sector de electrodomésticos, alcobas, comedores, salas de ropa, entre otros.

Las pérdidas como resultado del incendio, solo fueron materiales. Afortunadamente este acontecimiento sucedió en las horas de la madrugada, donde no están los establecimientos en servicio y por lo tanto no hubo personas afectadas.

Según la publicación del 30 de Noviembre de 2007 en el periódico “EL TIEMPO”, la causa de este incendio fue una falla en el sistema de alumbrado interno del almacén. Este incendio se propagó debido a que no se contaba con personal brigadista en el horario nocturno que supiesen controlar un incendio, e igualmente no existía un sistema contra incendio eficiente en este almacén.

Hubo un segundo acontecimiento en los almacenes Éxito, esta vez en el Municipio de Envigado. Éste fue detectado por la brigada de bomberos del Centro de Distribución Las Vegas de Almacenes Éxito, la cual en compañía de los cuerpos de bomberos de Envigado, Medellín, La Estrella, Itagüí y Sabaneta, además del

Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres (Simpad) y la Defensa Civil, controlaron la situación<sup>1</sup>.

Esta fue un evento similar al caso del Almacén Éxito en Fontibón, Bogotá: no se disponía de un sistema contra incendio eficiente, ni la capacitación de personal para ocuparse de esa clase de emergencia.

En marzo de 2008 más de 80 hombres y 19 máquinas de bomberos atendieron el incendio presentado en la fábrica de pinturas Every, localizada en el Occidente de Bogotá. Hubo dificultades en la extinción del fuego, debido a que se almacenaba allí material combustible e inflamable, el cual alcanzó su punto máximo de ignición ocasionando destrucción total de la fábrica<sup>2</sup>.

Otro caso muy conocido en Latinoamérica sucedió en agosto del 2004 cuando se produjo un incendio a las 11:25 a.m. en un supermercado en Asunción, Paraguay, hora en que el supermercado se encontraba con la mayor afluencia de gente. El incendio se produjo por una explosión en el sistema de gas de la cocina, que se difundió por la zona de comidas y destruyó las dos plantas del edificio, incluyendo el estacionamiento. El pánico se apoderó de la gente, quedando atrapada; algunos de los sobrevivientes dicen que cerraron las puertas para que no existieran saqueos. Según fuentes oficiales de la Fiscalía y del Ministerio de Salud, 305 personas murieron por inhalación de gas tóxico y por quemaduras<sup>3</sup>.

En algunos incendios, los bomberos son incapaces de controlar el fuego, debido a que el fuego y el humo se propagan rápidamente en dirección vertical y horizontal, aunque en la mayoría de casos es incierta la dirección de propagación.

---

<sup>1</sup> Información obtenida de la página Web <http://www.desastres.org/noticias.php?id=25122007-07>, consultada en 13-04-10.

<sup>2</sup> Radio Santafé, 1070 am. Artículo: Gigantesco incendio en Bogotá. Publicado en Marzo 26 de 2008.

<sup>3</sup> Información obtenida de la página Web <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0121102004021X10500>, consultada en 13-04-10.

En las carreras de Ingeniería en Colombia no se imparten conocimientos sobre la protección para que los diseños estén cumpliendo los requisitos necesarios por seguridad y especialmente por las normas NFPA reconocidas mundialmente para este caso de diseños.

## JUSTIFICACIÓN

La Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, no cuenta con las protecciones necesarias para todas las instalaciones. Actualmente, la universidad cuenta con un sistema de redes hidráulicas contra incendio, de las cuales no se tiene información con exactitud del funcionamiento e instalación, lo cual permite afirmar que no se encuentra preparada para enfrentar una situación de incendio. Es por esta razón, que es necesario optimizar el diseño de la red general contra incendio a base de agua, que posea especificaciones y se base en normas especializadas en ingeniería contra incendio, con reconocimiento internacional como las Normas NFPA (*National Fire Protection Association*).

Con el presente trabajo se propone ofrecer una mejora en la seguridad contra incendios para las instalaciones de la Institución.

Existen tres principios fundamentales establecidos por las normas NFPA para el control de riesgos de incendio:

Protección de las vidas humanas.

Protección de las instalaciones, maquinaria y equipos.

Continuidad de las operaciones.

Protección del Medio Ambiente.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar los riesgos de incendio y optimizar la red contra incendio existente en la Universidad Militar Nueva Granada, Sede calle 100 con carrera 11, en Bogotá.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Considerar los riesgos y determinar los mecanismos de protección contra incendios para la universidad.
- Evaluar el sistema de red contra incendio existente.
- Proponer la implementación de las modificaciones necesarias a la red general contra incendio existente.
- Comprobar el diseño hidráulico mediante programas de computador.
- Dar a conocer la importancia de la Ingeniería en sistemas de redes hidráulica contra incendio.

# 1 MARCO TEÓRICO

## 1.1 LA QUÍMICA DEL FUEGO

El fuego (combustión) es un proceso de oxidación rápida que generalmente procede con la ocurrencia de calor y luz. Por mucho tiempo el fuego se lo presentó mediante un triángulo. Ahora la teoría moderna de la combustión lo representa como un tetraedro. Sin embargo la teoría del “triángulo de fuego” aun describe adecuadamente el proceso de ignición.

El fuego requiere de tres elementos para existir, cada elemento individual es dependiente de los otros dos para que se produzca la combustión. Estos elementos son: oxígeno (o un agente oxidante), combustible (o un elemento o agente reductor) y calor. Si falta alguno de los tres elementos, o si no están en la producción y combinación adecuada, el fuego no podrá existir. Por lo tanto mantener los tres elementos del triángulo del fuego, es la clave para prevenir incendios, y la remoción de uno o más elementos es la clave para extinguirlos.

El primer componente del triángulo del fuego es el oxígeno. El oxígeno es un gas no inflamable y es un elemento básico para la vida. El aire ambiental a nivel del mar contiene un 21% de oxígeno. Para que los incendios se inicien, la atmósfera debe contener por lo menos un 16% de oxígeno. El oxígeno por sí mismo no arde, solamente mantiene la combustión, es un comburente. Ciertas atmósferas no contienen o contienen tan poco oxígeno que no apoyan los procesos de combustión. Sin embargo, algunos elementos químicos o combinaciones de éstos, pueden causar la liberación de oxígeno dentro del triángulo del fuego; estas sustancias se clasifican como agentes de oxidación u oxidantes. La segunda parte del triángulo del fuego es el combustible, que es el agente reductor; el combustible puede ser sólido, líquido o gaseoso (vapor); con excepción del estado gaseoso, el combustible debe sufrir cambios para convertirse en vapor antes de que la combustión se inicie.

La tercera parte del triángulo es el calor. El calor es la energía que se necesita para aumentar la temperatura del combustible al punto que se desprendan suficientes vapores para que ocurra la ignición. El calor es también la forma de energía que causa la ignición. Por lo tanto, la relación única, directa y simultánea de los tres elementos del triángulo: temperatura, un agente oxidante (oxígeno), y



un agente reductor (combustible), en la proporción necesaria, es lo que causa un incendio.

## **1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROPAGACIÓN DE INCENDIOS**

En el mundo físico es natural que las cosas sigan el camino de menor resistencia. Los incendios son la confirmación de la regla y se extienden por el camino de menor resistencia. Puertas abiertas, pasadizos, claraboyas, escaleras, pasos de tuberías, fosos de ascensores y pasajes ocultos sin la debida protección contra incendios, son los factores que más influencia tienen en la propagación de un incendio. La forma en la que se almacenan materiales inflamables, líquidos y sólidos, la presencia o ausencia de sistemas automáticos de protección contra incendios, y los tipos, métodos y materiales de construcción involucrados, influyen notablemente la propagación del fuego.

### **1.2.1 Productos de la combustión**

El fuego produce cambios en el material que quema. Frecuentemente, estos cambios generan subproductos que pueden poner en peligro la vida de personas desprotegidas que están cerca de un incendio. La mayoría de materiales combustibles contienen carbón. Durante el proceso de incendio, estos materiales liberan dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y con más frecuencia como el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ). Si hubiese suficiente oxígeno para completar la combustión, lo cual rara vez sucede, el gas liberado sería principalmente dióxido de carbono. Sin embargo, como la mayoría de las sustancias no se queman completamente, el principal producto de la combustión es el gas de monóxido de carbono.

El monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) es un gas incoloro, sin sabor, e inodoro que cuando se inhala por el sistema respiratorio desplaza el oxígeno de la sangre. Por lo tanto, el oxígeno no puede llegar a los órganos vitales a través del sistema circulatorio. La exposición prolongada a altas concentraciones de monóxido de carbono puede ser fatal para la vida humana. El dióxido de carbono en cantidades menores aumenta el ritmo respiratorio y hace que se inhale cantidades mayores de otros gases producidos por la combustión.

El personal de las brigadas contra incendios deben estar alerta por los riesgos potenciales que pueden encontrar en las operaciones de rescate; los plásticos,

lanas, compuestos químicos y compuestos de construcción, al quemarse, producen otros gases dañinos además del monóxido de carbono.

El fuego, por definición, emite calor y luz, y está generalmente acompañado por temperaturas altas en extremo. El aire cercano al fuego se calienta por convección; exposiciones al aire caliente pueden causar quemaduras severas en la piel y del sistema respiratorio, que a menudo son fatales. La llama abierta produce quemaduras por contacto directo y agotamiento por exposición al calor.

Donde hay fuego generalmente hay humo. El humo es una combinación de gases del fuego y de productos de combustión de líquidos y sólidos, en suspensión en el aire. Además del peligro de los gases tóxicos, el humo limita enormemente la visibilidad causando pánico cuando la gente se desorienta al encontrarse en un ambiente lleno de humo. El contacto con partículas en suspensión en el humo irrita los ojos, nariz, boca y vías respiratorias.

### **1.2.2 Explosiones**

Una explosión, es la liberación repentina de energía a través de la expansión rápida de un gas. Los vapores combustibles y el oxígeno normalmente están bien mezclados antes de una explosión. Con frecuencia las explosiones ocurren como un proceso de combustión en espacios confinados. Partículas de combustibles sólidas suspendidas en el aire pueden convertirse en violentas explosiones cuando la mezcla se pone en contacto con una fuente de ignición. Los miembros de una brigada contra incendio deben entender que muchas sustancias pueden producir explosiones, incluyendo las concentraciones explosivas del vapor (gases), polvo y compuestos químicos explosivos o combinación de sustancias reactivas.

## **1.3 PRINCIPIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS**

Si para producir un incendio es necesario reunir oxígeno, combustible y un foco de calor, es evidente que habrá que eliminar o reducir uno o más de estos factores para extinguir el fuego.

Si se reduce la cantidad de calor, enfriándolo a temperaturas inferiores al punto de ignición de las sustancias implicadas, se apagará el fuego. Este método de

enfriamiento es el más comúnmente empleado para la extinción, y el agua es el mejor agente para enfriar; además de su propiedad de absorber calor, es barata y fácil de obtener en grandes cantidades.

Otro método de extinción de incendios es la reducción del oxígeno. Éste se conoce como sofocamiento, y puede hacerse cubriendo la superficie del material combustible con alguna sustancia no combustible, como arena, espuma o agua ligera. Otros agentes sofocantes bien conocidos son el vapor de agua, tetracloruro de carbono, bióxido de carbono y los polvos químicos secos de los extintores a base de bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, cloruro de potasio y fosfato monoamónico.

El tercer método para extinguir el fuego se conoce como separación, y se basa en la eliminación del combustible. En muchos casos los incendios de los montes forestales o pastizales pueden extinguirse quitando en una franja el combustible para evitar su propagación.

Los incendios de petróleo y sus productos se extinguen a menudo, simplemente cerrando la válvula de la línea que conduce el combustible, como en el caso de un tanque de almacenamiento.

#### **1.4 COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN ESPACIOS CONFINADOS**

El comportamiento del fuego es un proceso dinámico, dado que el fuego tiene la capacidad de propagarse de un área a otra con mucha facilidad.

Las construcciones de áreas cerradas poseen huecos en muros y pisos para las instalaciones de redes hidráulicas o eléctricas, estos puntos son los principales lugares para la propagación de un incendio.

Lo que sucede en un incendio en espacios confinados es que se tienen temperaturas muy altas en toda el área; conforme el tiempo va transcurriendo, la temperatura irá subiendo y el oxígeno disminuyendo, trayendo consigo el aumento en la generación de humos y gases, lo cual de un momento a otro provocará una explosión debida a la rápida alimentación de oxígeno a esa área. Otro factor

importante, será la propagación del incendio por medio de la radiación, convección y conducción, debido a las altas temperaturas y a la presión que los gases y humos comienzan a tener, por la gran acumulación de estos en un espacio determinado.

## **1.5 PROTECCIÓN PASIVA Y ACTIVA**

Por las características del incendio se obtienen dos clases de protección, que cumplen la función de prevenir o limitar los efectos del fuego mientras se intenta extinguir.

|

Existen dos formas de protección contra incendios, ya sea de forma pasiva o de forma activa. Estas dos formas siempre deben estar combinadas para asegurar la exitosa y rápida extinción de un incendio en caso de presentarse.

Como protección activa se entiende toda aquella protección que extinguirá el incendio, y como ejemplos se tienen los rociadores de agua, o agentes de extinción, extintores, las cuadrillas de bomberos, los simulacros, y las espumas, entre otros.

Como protección pasiva se entiende toda aquella protección que contribuye a evitar la propagación del incendio, es decir, ayuda a contener el fuego por secciones, y como ejemplo se tienen el tipo de construcción del inmueble, las puertas, las ventanas, las pinturas y las Barreras Contra Incendio.

## **1.6 NORMAS NFPA**

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

En el desarrollo de métodos innovadores para controlar incendios, la NFPA se enfoca en cinco campos principales, los cuales son:

- 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.

### **1.6.1 Definiciones oficiales de la NFPA**

- Aprobado: Aceptable para la autoridad competente.
- Autoridad competente: Una organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requerimientos de un código o norma, o de aprobar equipos, materiales, una instalación o un procedimiento.
- Listado: Equipos, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización que es aceptable para la autoridad competente y que está relacionada con la evaluación de productos y servicios, que mantiene inspecciones periódicas de la producción de los equipos o materiales listados, o evaluaciones periódicas de los servicios, y que por medio del listado establece que los equipos, materiales o servicios cumplen con normas designadas apropiadas o que han sido ensayados y considerados aptos para un propósito determinado.

## 2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

La siguiente información está basada en las normas NFPA y es fundamental para el análisis de riesgo y el diseño de la Red Contra Incendio,

### 2.1 CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA, NFPA 101

Según el capítulo 9, *“Equipamiento de servicio de edificios y de protección contra incendio”* del Código de seguridad Humana Norma NFPA 101, se precisa que:

1. Los equipos que utilizan gas y las tuberías relacionadas con el gas deberán estar de acuerdo con la norma NFPA 58, Código Nacional de Gas combustible.
2. El cableado y los equipos eléctricos deberán estar de acuerdo con la norma NFPA 70, del Código Eléctrico Nacional.
3. Los generadores de emergencia y los sistemas de energía de reserva deberán instalarse, probarse y mantenerse, de conformidad con la norma NFPA 110, *“Norma para los sistemas de energía de reserva y de emergencia”*.
4. El equipamiento de cocinas comerciales deberán instalarse de acuerdo con la norma NFPA 96, *“Normas para el control de la ventilación y la protección contra incendios de equipos comerciales de cocina”*.
5. Los sistemas de ventilación en laboratorios que utilizan productos químicos deberán estar de acuerdo con la norma NFPA 45, *“Norma para la protección contra incendios de laboratorios que utilizan químicos”*, o la norma NFPA 99, *“Norma para instalaciones de cuidado de la salud”*, según sean aplicables.

#### 2.1.1 Clasificación de la ocupación y riesgo de contenidos

La clasificación de un edificio o estructura, o de una porción de un edificio o estructura, deberán cumplir con los ítems de clasificación por ocupación como son los de reuniones públicas, educacional, guardería, ocupación para el cuidado de la salud, ocupación para el cuidado de la salud para pacientes ambulatorios, detección y correccional, asilos y centro de acogida residenciales, mercantiles, Negocios, Industrial, almacenamiento y ocupaciones múltiples.

**a. Reuniones Públicas :** *“Es la ocupación utilizada para reunir a 50 o más personas para deliberación, culto, entretenimiento, comida, bebida, diversión espera de transporte o usos similares; o utilizada como edificación de divertimento especial, independientemente de su condición ocupacional”.*

*“La ocupación para reuniones públicas de menos de 50 personas, de cualquier habitación o espacio ubicado en otra ocupación y que resulte incidental para la otra ocupación, deberá clasificarse como parte de la otra ocupación y deberá estar sujeta a las disposiciones aplicables a esta última”.*

La ocupación para reuniones públicas incluyen las siguientes instalaciones: Armerías, locales de reuniones, auditorios, pistas de bolos, salas de clubes, aulas de colegios y universidades (para 50 o más personas), salas de conferencias, tribunas, locales bailables, establecimientos de bebidas, locales para exposiciones, gimnasios, bibliotecas, capillas mortuorias, cines, museos, lugares para ceremonias religiosas, entre otros.

Esta ocupación se caracteriza por la presencia de multitudes, con riesgo de pánico en caso de incendio. Estos edificios generalmente son ocupados por personas capaces y no se utilizan como dormitorios. Código de Seguridad Humana NFPA 101. Pág. 339.

**b. Educativo:** *“Ocupación utilizada para propósitos educacionales, hasta el duodécimo grado, por seis o más personas, durante 4 o más horas diarias, o más de 12 horas semanales”.*

En las instalaciones de esta ocupación se incluyen: Academias, jardines infantiles y escuelas. Las ocupaciones educativas se diferencian de las reuniones públicas en que la primera los ocupantes están presentes regularmente.

**c. Negocios:** *“Ocupación utilizada para la transacción de negocios diferentes a los mercantiles”.*

A continuación se realiza una descripción más detallada de cada ocupación, según lo relacionado con el caso de la Universidad Militar Nueva Granada.

En esta ocupación se incluyen los siguientes espacios: Torres de control del tránsito Aéreo, ayuntamientos, cortes de justicia, consultorios odontológicos, consultorios médicos, oficinas generales, municipalidades, entre otros.

Las instalaciones de servicio comunes a los edificios de oficinas, tales como kiosco de revistas, cafeterías que sirven a menos de 50 persona, peluquerías, y salones de belleza, están incluidas en la ocupación de negocios.

## **2.2 NORMA DE PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMA DE ROCIADORES NFPA13**

La norma NFPA 13 tiene la función de suministrar parámetros dependiendo del análisis de riesgo que se aplica a diferentes zonas. Esta norma clasifica las instalaciones en dos grandes grupos: Clasificación por ocupación y clasificación por los productos almacenados.

### **2.2.1 Clasificación por Ocupación**

Esta clasificación tiene como objetivo agrupar las instalaciones con carga combustible similares. Las siguientes son las diferentes ocupaciones.

**Riesgo Leve:** Es el riesgo más bajo que puede obtener una instalación, esta se caracteriza por contener combustible en pocas cantidades y baja probabilidades de fuego. En este grupo se encuentran las siguientes instalaciones y similares a ellas: Refugio de animales, iglesias, clubes, educativos, hospitales, instituciones, perreras, bibliotecas, museos, enfermerías, oficinas, residencias, área de asientos en restaurantes, teatros, auditorios, entre otros.

**Riesgo Ordinario I:** Este riesgo es donde se encuentra material combustible bajo, calidad de combustible moderado, almacenamiento de combustible no mayor a 2,4 m. En este grupo se encuentran las siguientes instalaciones y similares a ellas: parqueaderos, sala de exposición, panaderías, manufactura de bebidas, fábricas



de conserva, plantas electrónicas, manufactura de productos del vidrio, lavanderías, áreas de servicio de restaurantes, entre otros.

**Riesgo Ordinario II:** En este riesgo se encuentra contenido y calidad de combustible de moderado a alto, almacenamiento de combustible moderado no mayor a 3,66 m y para contenido alto no mayor a 2,4 m. En este grupo se encuentran las siguientes instalaciones y similares a ellas: Instalaciones de agricultura, graneros y establos, millones de semillas, plantas químicas, destilerías, tintorerías, muelles de carga exterior, entre otros.

**Riesgo Extra I:** Es donde la calidad y cantidad de combustible es muy alta y en la instalación hay presencia de polvo u otros materiales que ayudan a la propagación del fuego. En este grupo se encuentran las siguientes instalaciones y similares a ellas: Garajes de reparación, áreas de aplicación de resina, manufactura de textiles, manufactura de llantas, productos de tabaco, entre otros.

**Riesgo Extra II:** Es donde la cantidad de sustancia inflamable o líquidos combustibles es moderada. En este grupo se encuentran las siguientes instalaciones y similares a ellas: saturación de asfalto, pulverización de líquidos inflamables, estación de gasolina, manufactura de plástico, productos de limpieza, barnices y pinturas de inmersión, entre otros.

### **2.2.2 Clasificación por Productos**

La clasificación por productos se basa en la forma de almacenar la mercancía, por ejemplo, estibas solidas de madera, estibas solidas de plástico, sólidos apilados, en cajas, plataformas de almacenamiento y líneas de almacenamiento. Igualmente, ésta clasificación depende de las características del material combustible almacenado. La clasificación según el material combustible se divide en cuatro principales grupos.

**Clase I:** Esta clasificación está definida como productos no combustibles almacenados en estantería de madera, cubiertos por cartón corrugado.

**Clase II:** Esta definida como productos no combustibles almacenados en cajones de madera, cajas de madera, cubiertos por cartón corrugado o material combustible.

**Clase III:** Esta definida como productos de madera, papel, fibras naturales, o plásticos con o sin cartón.

**Clase IV:** Esta definida como productos contruidos particularmente de plástico.

### **2.3 BOMBAS CONTRA INCENDIO SEGÚN NFPA 20**

Una bomba contra incendio se considera como una maquina con el objetivo de aumentar la presión del agua y está provista de una tubería de succión y otra de descarga con capacidad de suministrar el volumen de agua a presión para combatir un incendio.

La bomba normalmente se activa automáticamente mediante una caída de presión por apertura de un mecanismo de extinción de incendios. Los motores que impulsan la Bomba pueden ser de tipo eléctrico o Diesel, con un suministro de caudal que varían entre 25 gpm a 5000 gpm.

Normalmente, se instalan dos tipos de bombas, las bombas centrifugas que utilizan agua en carga y bomba auxiliar o jockey que cumple la función de sostenimiento de presión cuando hay fugas y evitar al arranque de la bomba cuando no es necesario.

Las bombas contra incendio se diseñan para el suministro de un caudal de agua, medido en galones por minuto, a una presión y velocidad de bombeo concretas, medido en psi (lb/pulg<sup>2</sup>).

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

## **2.4 SISTEMAS DE TUBERÍA Y MAGUERAS (RED GENERAL), SEGÚN NFPA 14**

La red general es la instalación de tuberías, válvulas, conexiones de mangueras ubicadas en una estructura. Las conexiones de mangueras se localizan de tal forma que el agua pueda ser descargada por medio de las boquillas de incendio conectadas a las mangueras contra incendio. Las conexiones de mangueras comúnmente esta conectas a una tubería de abastecimiento, también llamada tubería ascendente, y localizadas para su fácil manipulación y se distribuyen por todas las plantas de la edificación.

Existen dos métodos generalmente de red general, la cual siempre es alimentada por una tubería de abastecimiento.

La red general mojada es donde el agua se abastece desde un colector principal y si se requiere presiones en la tubería se utiliza una bomba contra incendio. Existe una válvula de corte la cual siempre permanece abierta y el sistema siempre estará presurizado.

La red general seca es donde el abastecimiento de agua hacia el sistema no es continuo y se activa en el momento del incendio. Esta alimentación puede ser por la conexión de máquina de bomberos, válvula manual de control cerrada y conectada a un colector principal, o una válvula automática de control de agua donde el agua entra en la red cuando se abre una válvula de conexión de mangueras y disminuye la presión del aire en el interior del sistema.

La redes contra incendio más cotidianas y recomendadas son las húmedas, dependiendo de las condiciendo climáticas.

Existen 3 clasificaciones de redes hidráulicas según la norma NFPA 14 “Norma de sistema de tubería verticales y mangueras”, estas clasificaciones dependen del personal quien va a utilizar la manguera. Para las tres clasificaciones de redes se requiere que las conexiones y gabinetes de mangueras no sean obstruidos por puertas abiertas o cerradas u otros objetos sobre los descansos, y no estén ubicados a menos de 0,9 m o a mas de 1,5 m sobre el piso.

**CLASE I.** Este sistema de tubería vertical provee conexiones de mangueras de 2½” para el suministro de agua para el cuerpo de bomberos y demás personas capacitadas en el manejo de chorros de incendio pesados. Estas mangueras deben ser ubicadas en las instalaciones siguientes:

- En el descanso intermedio más alto entre niveles de piso en todas las escaleras de salida requeridas.
- En cada lado del muro adyacente a la aberturas de salida de las salidas horizontales.

**CLASE II.** Este sistema de tubería vertical provee gabinetes de mangueras de 1½” para el suministro de agua para uso por personal entrenado o cuerpo de bomberos durante una respuesta inicial, debe ser una manguera de 1½” de modo que todas las partes de cada nivel de piso del edificio estén dentro de 39,7 m de una conexión de manguera. Las medidas deben ser medidas a lo largo de la ruta de recorrido originada desde la conexión de manguera.

**CLASE III.** Este sistema de tubería vertical provee gabinetes de mangueras de 1½” para el suministro de agua para uso por personas capacitado y conexión de manguera de 2½” para el suministro de gran cantidad de agua para uso por cuerpo de bomberos y personal capacitado en el manejo de chorro de incendio pesado.

Los sistemas de tubería vertical deben estar proyectados para proveer la tasa de flujo mínima requerida para una salida de conexión de mangueras de 2½” de 250 gpm a una presión residual mínima de 100 psi. Y para una salida de conexión de manguera de 1½” requiere una tasa mínima de 100 gpm con una presión residual mínima de 65 psi.

Cuando en un sistema de tubería vertical horizontal con clasificación Clase I y Clase III abastece tres o más conexiones de mangueras en cualquier piso, los cálculos hidráulicos y tamaños de la tubería para cada tubería vertical debe basarse en la provisión de 250 gpm en las tres conexiones de manguera hidráulicamente más remotas de la tubería vertical y en la salida más alta de cada una de las otras tuberías verticales a la presión residual mínima requerida de 100 psi.

### **3 ANÁLISIS DE RIESGO EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, SEDE CALLE 100.**

La firma Jardine Lloyd Thompson en marzo de 2009, hizo un programa de prevención de perdidas donde identificaron diferentes riesgos que afectan el funcionamiento de la entidad. Entre los riesgos identificados esta el incendio. Donde dice: “ La sede calle 100 de la Universidad Militar Nueva Granada, está conformada por seis bloques de diferentes edades, cuyas estructuras son en concreto principalmente, no cuenta con sistemas de detección temprana de humo, los bloques no cuentan con ningún sistema de extinción automático, la mayor cantidad de material combustible está constituido por papel, el cual se encuentra como material de trabajo en los seis bloques y por madera presente en los muebles y divisiones modulares de las oficinas, adicionalmente por el tanque de combustible para la Planta de Emergencia, ubicado en el semisótano y un tanque de gas para la cafetería”. Para mayor descripción e identificación de riesgos ver Anexo A.

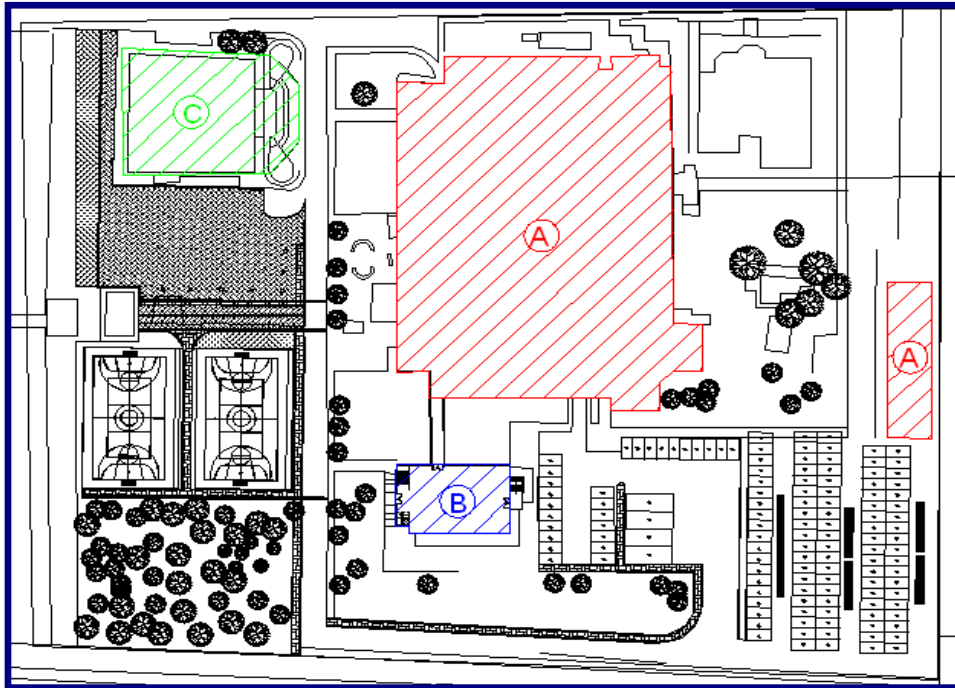
Para finales del año 2010, se realizó un análisis de riesgo donde se clasificó cada edificio de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, evaluado según los estándares de clasificación de riesgos dados por el código de seguridad Humana NFPA 101 y las normas NFPA 1, 13 y 14.

#### **3.1 ANALISIS DE RIESGOS SEGÚN NFPA 101 Y NFPA 1**

##### **3.1.1 Generalidades**

La Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, para efectos del análisis de riesgos se divide en tres zonas según sus características. Zona A, comprendida por los edificios B, C, D, E y F con los sus respectivos sótanos y niveles superiores. Zona B, edificio A, comprendida por sótano y cinco niveles de oficinas y salones de reuniones. Y Zona C, comprendido por el aula máxima, gimnasio, capilla y oficinas.

Figura 1. Clasificación de zonas. Universidad Militar Nueva Granada



### 3.1.2 Análisis de la Zona según el Riesgo

**La zona A:** se clasifica según NFPA 101 el Código de Seguridad Humana como ocupación de enseñanza existente. Esta clasificación es aplicada a edificios existentes o secciones de los mismos actualmente ocupados para propósitos educacionales por seis o más personas, durante cuatro o más horas diarias, o más de 12 horas semanales. Esta zona cumple con los siguientes requisitos:

- Edificio para la enseñanza.
- Aulas para menos de 50 personas.
- Aulas para 50 personas o más – ocupaciones para reuniones públicas.
- Laboratorios de enseñanza.

**La zona B:** se clasifica según NFPA 101 el Código de Seguridad Humana como de negocios, aplicado a edificios comprendidos por oficinas generales, salones para menos de 50 personas, consultorios, tribunales, entre otros.

**La zona C:** se clasifica según NFPA 101 el Código de Seguridad Humana como de reuniones públicas, utilizada para reunir a 50 o más personas para deliberaciones, culto, entretenimiento, comida, bebida, diversión, espera de transporte o usos similares; o utilizada como edificio de divertimiento especial, independientemente de su carga de ocupantes.

### 3.1.3 Cálculo Carga Ocupacional

La carga de ocupantes en cualquier edificio, deberá ser como mínimo la cantidad de personas resultante de dividir el área de piso asignada para ese uso, por el factor de carga de ocupantes para tal uso como se especifica en la Tabla 3.1 obtenida del código de seguridad humana NFPA 101, capítulo 7, tabla 7.3.1.2

Factor de carga de ocupantes. Donde la misma ocupación se den cifras tanto de área bruta como del área neta, los cálculos deberán hacerse aplicando la cifra del área bruta al área bruta de la parte del edificio dedicada al uso para el que se ha especificado la cifra del área bruta, y aplicando el área neta al área neta de la parte del edificio dedicada al uso para el que se ha especificado la cifra de área neta.

Tabla 1. Cargas de ocupantes según su uso.

Uso	(pies <sup>2</sup> por persona)*	(M2 por persona)*
<b><i>Uso como reuniones publicas</i></b>		
Asientos Fijos	Cantidad de asientos fijos	Cantidad de asientos fijos
Cocinas	100	9,3
Áreas de estanterías en Bibliotecas	100	9,3
Sala de lectura en Bibliotecas	50 Neta	4,6 Neta
Sala de ejercicios con equipos	50	4,6

<b>Uso</b>	<b>(pies<sup>2</sup> por persona)*</b>	<b>(M2 por persona)*</b>
Sala de ejercicios sin equipos	15	1,4
<b>Uso Educativa</b>		
Aulas	20 Neta	1,9 Neta
Talleres, laboratorios, salas vocacionales	50 Neta	4,6 Neta
<b>Uso de Negocios</b>	100	9,3

\*Todos los factores están expresados en área bruta, salvo los que están indicados con la palabra “neta”.

- **Carga ocupacional por zonas**

Tabla 2. Carga de ocupantes. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.

<b>USO</b>	<b>Factor ocupacional (m<sup>2</sup> por persona)*</b>	<b>Área para ese uso (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga ocupacional (N° personas)</b>
<b>ZONA A</b>			
Auditorio Norte y Sur	Cantidad de asientos fijos=89c/u	N.A.	178 personas en total
Cocinas	9,3	143	16 personas
Cafetería	Cantidad de asientos fijos=150	150	150 personas
Áreas de estanterías en Bibliotecas	9,3	40	2 persona
Sala de lectura en Bibliotecas	4,6 Neta	50	11 personas



<b>USO</b>	<b>Factor ocupacional (m<sup>2</sup> por persona)*</b>	<b>Área para ese uso (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga ocupacional (N° personas)</b>
Sala de ejercicios con equipos	4,6	579	126 personas
Aulas	1,9 Neta	4.000	2.106 personas
Talleres, laboratorios, salas vocacionales	4,6 Neta	1.925	419 personas
<b>TOTAL</b>			3.008 personas
<b>ZONA B</b>			
Oficinas	9,3	1.008	109 personas
Sala de reuniones	1,9	252	133 personas
Bodega	9,3	129	13 personas
<b>TOTAL</b>			255 personas
<b>ZONA C</b>			
Aula máxima	Cantidad de asientos fijos=427	427	500 personas
Oficinas	9,3	124	14 personas
Capilla y Gimnasio	1,9	334	175 personas
<b>TOTAL</b>			689 personas

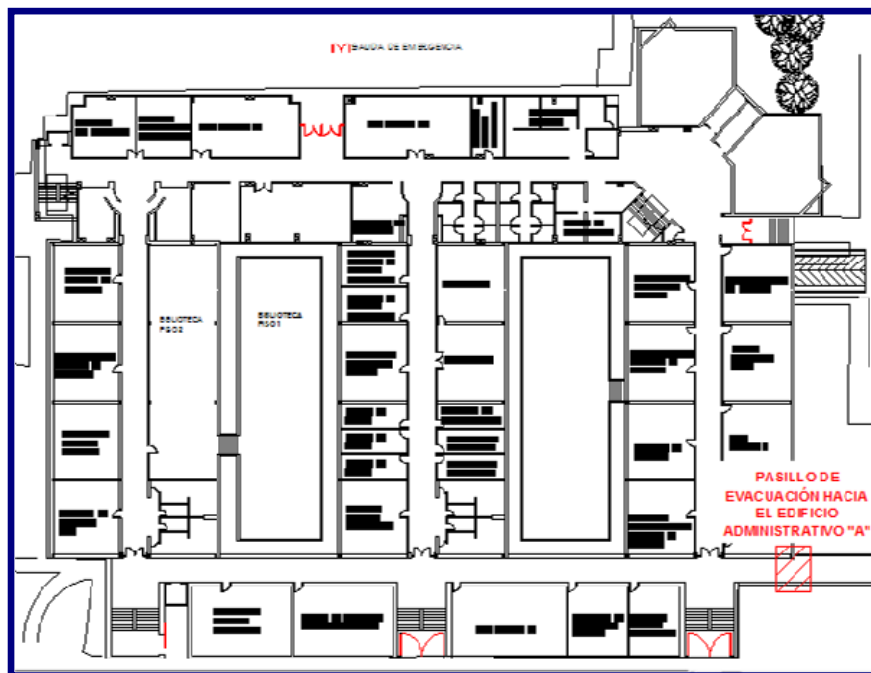
### 3.1.4 Número de Salidas Requeridas Según Carga Ocupacional

Basados en los resultados del numeral 3.1.3 y los capítulos 13, 15 y 39 del Código de Seguridad Humana NFPA 101 donde se estudian las ocupaciones existentes

para reuniones públicas, de enseñanza y de negocios, se realizaron el análisis de las salidas requeridas que deben tener las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.

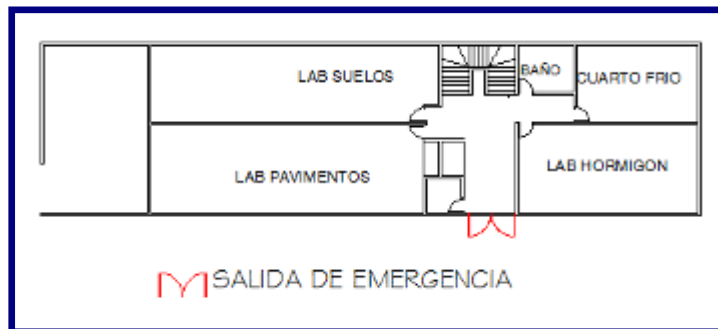
**3.1.4.1 Zona A.** En los edificios B, C, D y E, en el primer piso se encuentran seis diferentes salidas de evacuación, cinco de éstas son salidas directas de emergencia donde cumplen con la evacuación de la carga ocupacional de 3.008 personas hacia las zonas sin construcción. Estas salidas de emergencia existentes están ubicadas dependiendo del recorrido más crítico, el cual está en las instalaciones del quinto piso. Este cumplimiento de recorrido depende de una buena instalación de sistema de mangueras contra incendio. Sin embargo, es recomendable confinar las escaleras de emergencia con muros que aseguren que el incendio no se expanda y afecte las salidas de emergencia, las puertas de emergencia adecuarlas para que cumplan su función, es decir, abertura hacia afuera, ancho de la puerta, en el caso de estar cerrada barra anti-pánico, iluminación de emergencia y una apropiada señalización. En la figura 2 se pueden observar las seis salidas de emergencia existentes en el primer piso.

Figura 2. Ubicación de salidas de emergencia. Edificio B, C, D y E. Planta primer piso. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100



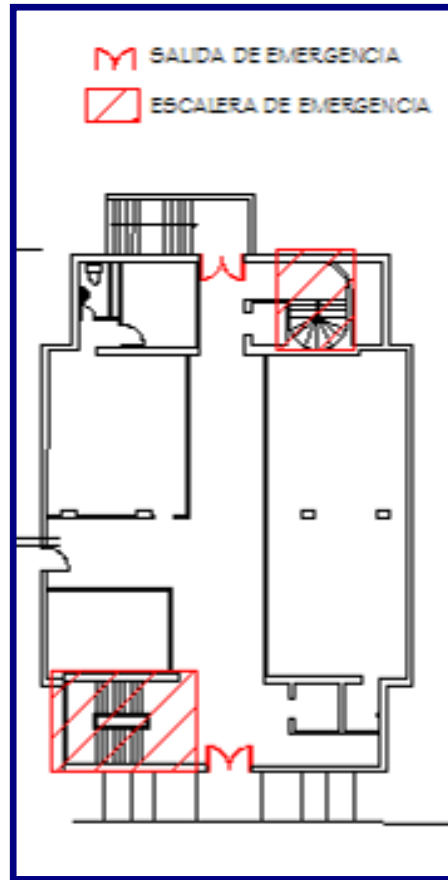
En el Edificio de Laboratorios de Ingeniería F, existe una salida de emergencia hacia el exterior. Es necesario construir unas escaleras externas de emergencia, debido a que se requiere como mínimo dos salidas de emergencia independiente de su ocupación. En la Figura 3 se identifica la única salida de emergencia en este edificio. La puerta de emergencia se debe adecuar como se indico en el párrafo anterior.

Figura 3. Ubicación de salidas de emergencia. Edificio F. Planta piso uno. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.



**3.1.4.2 Zona B.** La zona B está comprendida generalmente por oficinas del área administrativa de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, en el primer piso se encuentran dos salidas de emergencia hacia el exterior el cual tiene la función de evacuar a 255 personas las cuales son la carga ocupacional del edificio. Igualmente, en el edificio existen dos escaleras contempladas como de emergencia, éstas deben ser adecuadas para este uso. En este caso, las escaleras ubicadas en el costado occidental y oriental del edificio están confinadas por muros no corta fuego, sin embargo éstos aseguran que el fuego no se expanda hacia las salidas de emergencia. Las puertas de emergencia deben adecuarse con la abertura hacia afuera, ancho de la puerta, en el caso de estar cerrada barra anti-pánico, iluminación de emergencia y una apropiada señalización. Ver figura 4.

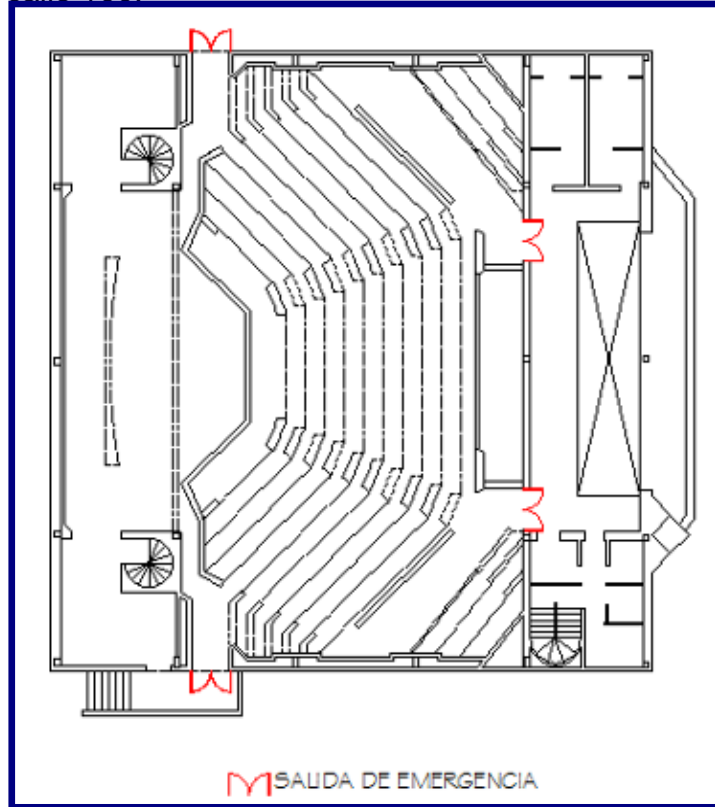
Figura 4. Ubicación de salidas de emergencia. Edificio Administrativo. Planta primer piso. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.



**3.1.4.3 Zona C.** La zona C está comprendida principalmente del Aula máxima con capacidad de 500 personas. Por ser un auditorio, la norma NFPA 1 requiere: “*En auditorios y aulas con una ocupación superior a 300 personas deberá tener como mínimo 2 medios de egreso hacia atmósferas separadas*”. Según ello, las salidas de emergencia existentes en el aula máxima ubicadas en el costado norte, sur y oriente cumplen con lo manifestado en la norma. Ver figura 5.

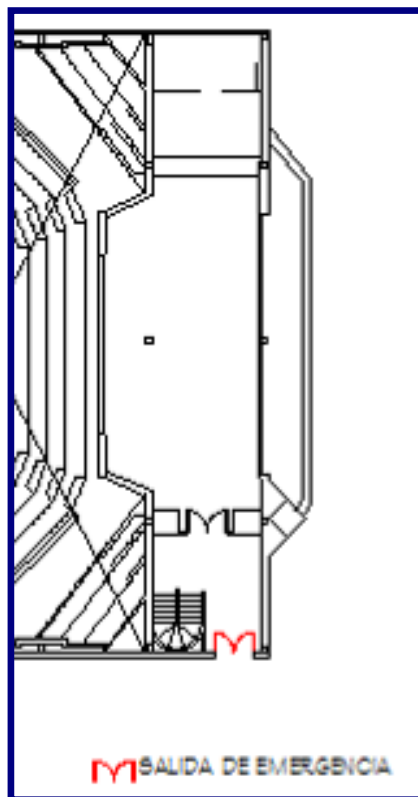
Para las puertas de emergencia se requiere el ancho propicio, la barra anti-pánico, que la apertura de la puerta sea hacia afuera, iluminación y señalización adecuada.

Figura 5. Ubicación de salidas de emergencia. Aula Máxima. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.



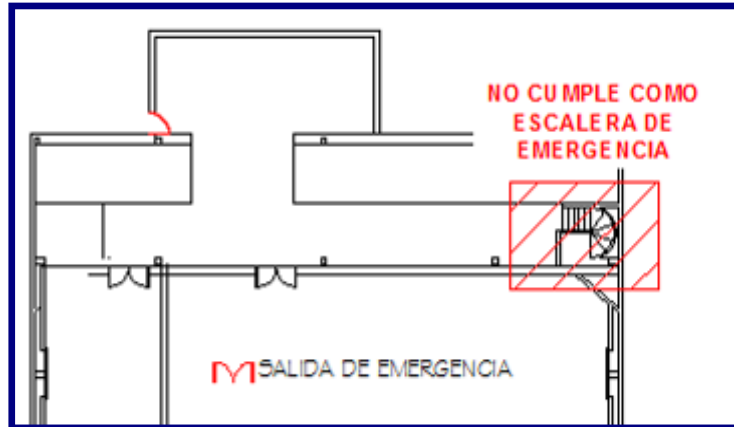
En esta zona también funciona la capilla, gimnasio y oficinas. La capilla se encuentra en el primer piso y por no tener una relevante carga ocupacional, la salida de emergencia existente cumple con la evacuación de las personas. Se debe adecuar las puertas para su uso en emergencias. Ver figura 6.

Figura 6. Ubicación de salidas de emergencia.  
Capilla. Primer piso. Universidad Militar Nueva  
Granada, sede calle 100.



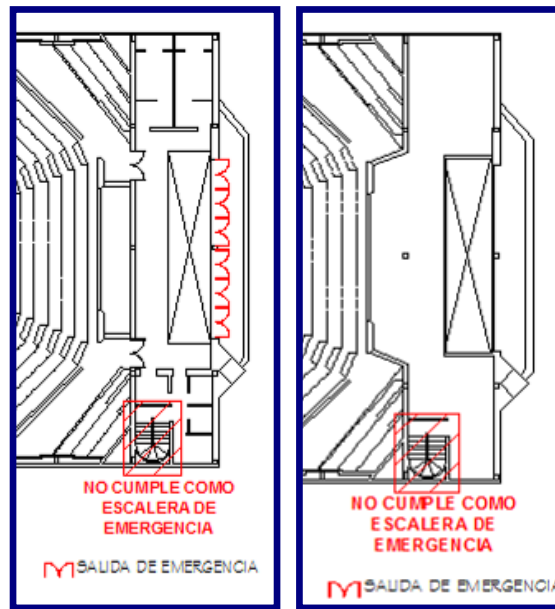
El gimnasio está ubicado en el sótano y cuenta con dos salidas existentes, una en el costado norte la cual evacua las personas hacia la zona de tránsito de vehículos y la otra es una escalera. Esta escalera no cumple como salida de emergencia, debido a que el ancho mínimo libre de toda obstrucción para una escalera es de 0,915 m según la Tabla 7.2.2.2.1 (b) Escaleras existentes del Código de seguridad Humanas NFPA 101. Por esta razón, se requiere construir una salida adicional en el sótano para la seguridad de las personas ubicadas en esta zona.

Figura 7. Ubicación de salidas de emergencia. Gimnasio. Sótano. Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.



Las oficinas que se encuentran en el segundo y tercer piso tienen como salida de emergencia las puertas del costado oriental del edificio y las escaleras que ya se dijeron anteriormente que no cumplen con lo requerido. Se requiere realizar unas escaleras de emergencia externas para la evacuación de las personas que se encuentran en los diferentes pisos de este edificio. Ver Figura 8.

Figura 8. Ubicación de salidas de emergencia. Oficinas. Segundo (a) y tercer Piso (b). Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.



## **3.2 ANÁLISIS DE RIESGOS SEGÚN NFPA 13 Y 14**

La Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, está comprendida por seis edificios hechos de concreto y mampostería. En estas instalaciones existe transporte y utilización de materiales combustibles, entre los cuales esta: papel, tintas para la imprenta e impresoras, madera contenida en los muebles, divisiones modulares, tanque de ACPM, entre otros. Las diferentes áreas que almacenan los materiales combustibles son clasificadas por su ocupación de acuerdo con la Normas NFPA 13 “Standard for the Instalallation of Sprinkler Systems” y NFPA 14 “Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras”.

### **3.2.1 Riesgo Leve**

Éste tipo de riesgo se define como la ocupación o partes de otra ocupación, en la cual se almacena una cantidad y contenido de combustible bajo y presentando bajas posibilidades de producirse un incendio.

En las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, se encuentran zonas como oficinas, aulas de estudio, laboratorios, consultorios médicos, centros de sistemas, hemeroteca, biblioteca; siendo estas de clasificación riesgo leve.

### **3.2.2 Riesgo Ordinario I**

El riesgo ordinario I se define como la ocupación o partes de otra ocupación, donde la combustibilidad es baja, la cantidad de material combustible es moderada y puede producirse un incendio moderado.

La universidad cuenta con dos plantas eléctricas de emergencia, las cuales funcionan con ACPM y se encuentran ubicadas en el semisótano del Boque B, y una zona de servicio de restaurante. Las anteriores áreas se encuentran en la clasificación de riesgo Ordinario I.



### **3.2.3 Riesgo Ordinario II**

El riesgo Ordinario II se define como la ocupación o partes de otra ocupación, donde el contenido de combustibilidad y la cantidad son moderadas a altas.

Zonas como laboratorios de Ingeniería Industrial y Mecatrónica donde realizan trabajos con unidades metálicas, imprenta y carpintería son algunos ejemplos de un riesgo ordinario II.

### **3.2.4 Almacenamiento Diverso**

Este almacenamiento es clasificado por su contenido de productos, por la altura de almacenamiento y la altura de techo.

La altura de la estantería en el almacén ubicado en el sótano del edificio administrativo A es de aproximadamente 2,0 m y tiene una altura al techo de 3,20 m. Como se almacena todo tipo de material entregado a la universidad, se considera un almacenamiento diverso.

Finalmente, la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, está dividida según la norma NFPA 13 por tres clasificaciones: riesgo leve, ordinario I, ordinario II y almacenamiento diverso. Siendo éste último como el riesgo más alto, requiere según la norma NFPA 14 un sistema de rociadores automáticos y un sistema de mangueras, el cual se describe en el numeral 5. “DISEÑO DE RED GENERAL EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, SEDE CALLE 100.”

## 4 OPTIMIZACION RED CONTRA INCENDIO EXISTENTE

Como metodología para la optimización del sistema contra incendio existente, se desarrollaron como actividades principales las siguientes:

- Inspección
- Diseño
- Cálculos hidráulicos
- Cantidades de obra

### 4.1 INSPECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA RED HIDRÁULICA CONTRA INCENDIO EXISTENTE

La Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, comprende inicialmente una red hidráulica de gabinetes protegiendo únicamente el edificio A, B, C y D, a razón de la posterior construcción del Edificio E, F y Aula máxima.

Igualmente, la red hidráulica comprende 15 gabinetes contra incendio, conexión a bomberos “Siamesa” y un sistema de bombas con suministro de agua de 468 m<sup>3</sup> compartido con el consumo de agua potable. La tubería de la red general existente se encuentra embebida, por tal razón no se obtiene registros de las condiciones actuales. Para mayor ubicación de los gabinetes y demás elementos de la red contra incendio existente, ver planos de red principal existente RCI-UMNG-01/07. A continuación, se describe el estado de cada equipo de la red contra incendio.

#### 4.1.1 Gabinetes Contra Incendio

En el Edificio Administrativo A se encuentra cinco gabinetes contra incendios ubicados y enumerados de la siguiente forma:

**Gabinete 01:** Gabinete Clase III, ubicado en el sótano costado occidental seguido de las escaleras, contiene válvulas tipo ángulo de 1½” y 2½”, manguera, hacha, boquilla de bronce y llave Spanner. Ningún elemento es aprobado o listado y la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 9 y Plano RCI-UMNG-EX01.

Figura 9. Gabinete contra incendio existente.  
Sótano. Edificio Administrativo A.



**Gabinete 2:** Gabinete Clase III, ubicado en el primer piso costado oriental, obstruido por escritorio y computador, se encuentra dentro de la oficina de Registro Académico, contiene válvulas tipo ángulo de 1½” y 2½”, manguera, hacha, boquilla de bronce, llave Spanner. Ningún elemento es aprobado o listado y la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 10 y plano RCI-UMNG-EX01.

Figura 10. Gabinete contra incendio existente. Piso 1. Edificio Administrativo A.



**Gabinete 3:** Gabinete Clase III, ubicado en el segundo piso costado oriental, contiene válvulas tipo ángulo de 1½" y 2½", manguera, hacha, boquilla de bronce, llave Spanner. Ningún elemento es aprobado o listado y la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 11 y plano RCI-UMNG-EX01.

Figura 11. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 2. Edificio Administrativo A



**Gabinete 4:** Gabinete Clase III, ubicado en el tercer piso costado oriental, contiene válvulas tipo ángulo de 1½” y 2½”, manguera, hacha, boquilla de bronce. Ningún elemento es aprobado o listado y la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 12 y plano RCI-UMNG-EX01.

Figura 12. Gabinete contra incendio existente. Piso 3. Edificio Administrativo A



**Gabinete 05:** Gabinete Clase III, ubicado en el cuarto piso costado oriental, contiene válvulas tipo ángulo de 1½” y 2½”, manguera, hacha, boquilla y llave Spanner. Ningún elemento es aprobado o listado y la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 13 y plano RCI-UMNG-EX01.

Figura 13. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 4. Edificio Administrativo A



En el Edificio Administrativo B se encuentra 3 gabinetes contra incendios ubicados y enumerados de la siguiente forma:

**Gabinete 7:** Gabinete Clase III, ubicado en el primer piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½” y 2½”, manguera, hacha, boquilla de bronce, llave Spanner y extintor. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 14 y plano RCI-UMNG-EX03.

Figura 14. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 1. Edificio B



**Gabinete 10:** Gabinete Clase III, ubicado en el segundo piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½" y 2½", manguera y llave Spanner. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 15 y plano RCI-UMNG-EX04.



Figura 15. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 2. Edificio B



**Gabinete 13:** Gabinete Clase III, ubicado en el tercer piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½” y 2½” .Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 16 y plano RCI-UMNG-EX05.

Figura 16. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 3. Edificio B



En el Edificio Administrativo C se encuentran tres gabinetes contra incendios ubicados y enumerados de la siguiente forma:

**Gabinete 8:** Gabinete Clase III, ubicado en el primer piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½” y 2½”, manguera, boquilla de bronce, llave Spanner y hacha. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 17 y plano RCI-UMNG-EX03.

Figura 17. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 1. Edificio "C"



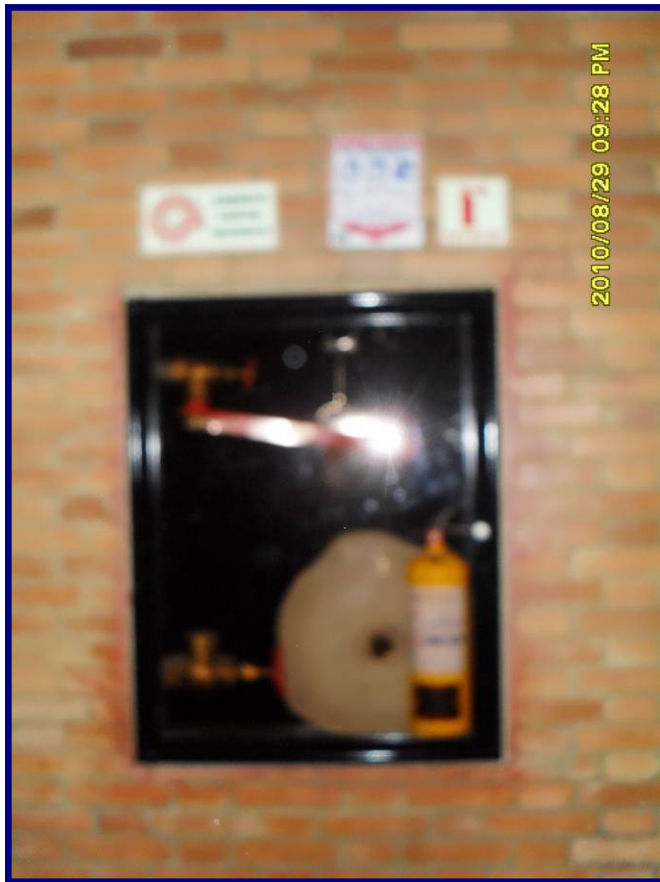
**Gabinete 11:** Gabinete Clase III, ubicado en el segundo piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½" y 2½", manguera, llave Spanner, hacha y extintor. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 18 y plano RCI-UMNG-EX04.

Figura 18. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 2. Edificio "C"



**Gabinete 14:** Gabinete Clase III, ubicado en el tercer piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½" y 2½", extintor, manguera y llave Spanner. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 19 y plano RCI-UMNG-EX05.

Figura 19. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 3. Edificio "C"



En el Edificio Administrativo D se encuentran cuatro gabinetes contra incendios ubicados y enumerados de la siguiente forma:

**Gabinete 6:** Gabinete Clase III, ubicado en el sótano costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½" y 2½", manguera, hacha, boquilla de bronce, llave Spanner y hacha. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 20 y plano RCI-UMNG-EX02.

Figura 20. Gabinete contra incendio existente. Sótano.  
Edificio "D"



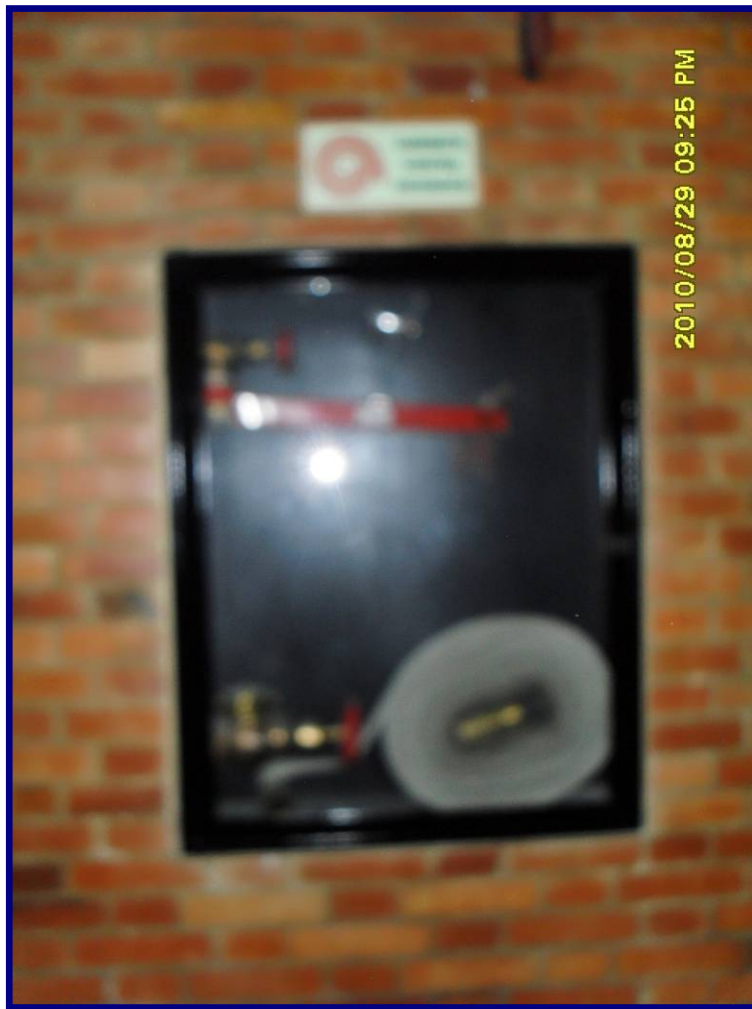
**Gabinete 09:** Gabinete Clase III, ubicado en el primer piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½" y 2½", manguera, hacha y boquilla de bronce. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 21 y plano RCI-UMNG-EX03.

Figura 21. Gabinete contra incendio existente. Piso 1. Edificio "D"



**Gabinete 12:** Gabinete Clase III, ubicado en el segundo piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½" y 2½", manguera , llave Spanner y boquilla de bronce. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 22 y plano RCI-UMNG-EX04.

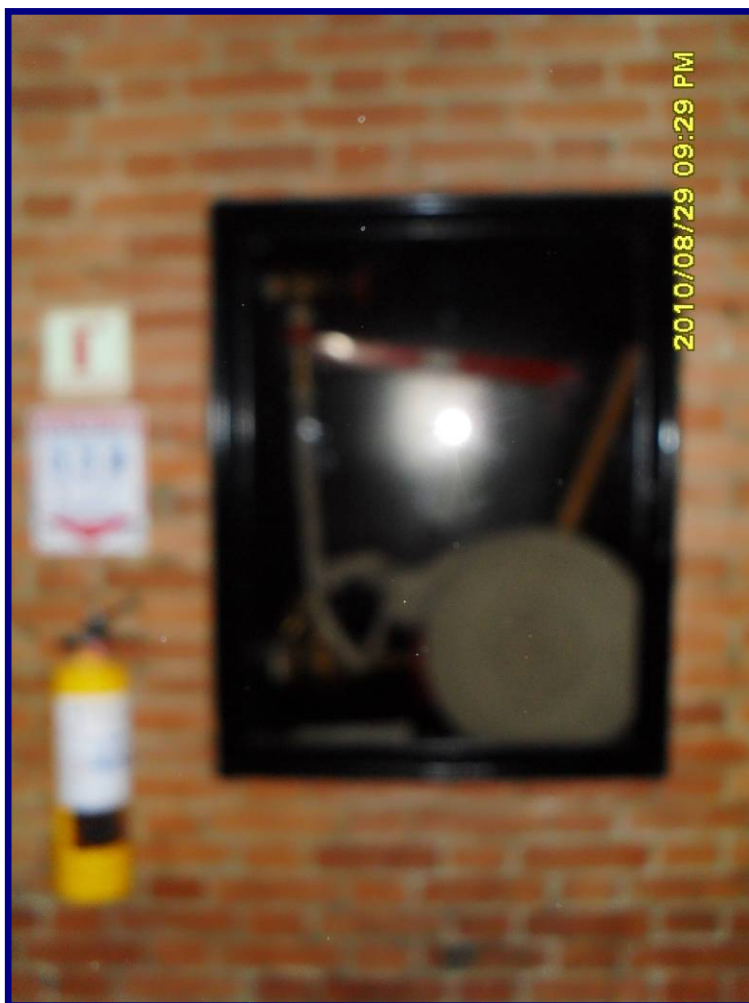
Figura 22. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 2. Edificio "D"



**Gabinete 15:** Gabinete Clase III, ubicado en el tercer piso costado sur, contiene válvulas tipo ángulo de 1½" y 2½" ,manguera y hacha. Ningún elemento es aprobado o listado, la caseta de mangueras no es la adecuada para romper. Ver figura 23 y plano RCI-UMNG-EX05.



Figura 23. Gabinete contra incendio existente.  
Piso 3. Edificio "D"



Existe en el Sótano del edificio E un gabinete que no tiene la dotación de sistemas contra incendio. Este gabinete está comprendido por una manguera contra incendios y un gabinete, no tiene alguna conexión hidráulica hacia la tubería principal de incendios. La figura 25 muestra el estado de este gabinete y su ubicación.

Figura 24. Gabinete contra incendio sin dotación alguna. Ubicado en el sótano del Edificio "E".



#### 4.1.2 Conexión a bomberos

En la cara sur del Edificio Administrativo en el primer nivel se encuentra la conexión a bomberos "Siamesa". Esta conexión consta de dos salidas de 2½" con tapas de bronce. No se puede identificar la válvula de retención. Ver figura 24 y plano RCI-UMNG-EX01.

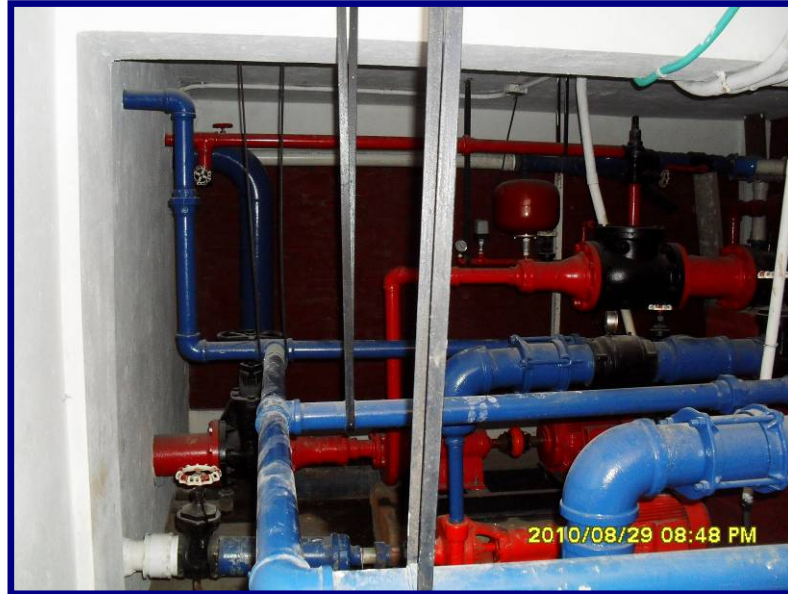
Figura 25. Conexión a bomberos existente. Piso 1. Edificio Administrativo A



### 4.1.3 Equipo de Bombas

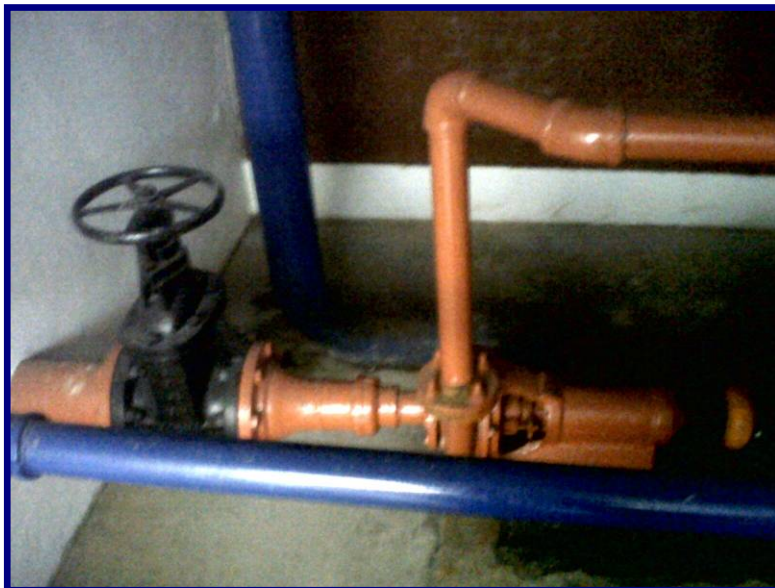
El equipo de bombas contra incendio está ubicado en el sótano entre los edificios B y C costado accidental, éste cuenta con una bomba centrífuga de marca Hidromac y Modelo Tipo 110-2D STD de succión axial de 2½" y una descarga de 2", ver figura 26.

Figura 26. Cuarto de Bombas. La tubería roja es de la red existente contra incendio.



La instalación de este equipo de bombeo no está conforme a la norma NFPA 20 (Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection), debido a que la bomba no es listada y los diámetros de la tubería no corresponden para una demanda mínima de 750 gpm de los tres gabinetes Clase III más remotos ubicados en el tercer piso. La bomba cuenta con una salida de succión de 2½", una reducción concéntrica de 2½" x 6", válvula de vástago OS&Y de 6" y tubería de 6" que continúa hacia el tanque de suministro de agua.

Figura 27. Succión de la Bomba contra incendios.



En el plano SB-UMNG-EX07 se puede identificar la instalación de la bomba contra incendio existente con sus partes discriminadas.

El 28 de septiembre de 2010, ingenieros especialistas en redes contra incendio realizaron una auditoría en las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, donde no encontraron registros de inspección, pruebas y mantenimiento de la red general contra incendio y del equipo de bombeo. Igualmente, no se registro información técnica de la bomba contra incendio como capacidad (gpm), presión de trabajo, etc. Las válvulas tipo ángulo ubicadas en los gabinetes contra incendio se encuentran con fugas y las mangueras se encuentran desgastadas y no cumplen con los 100 ft (30,5 m) de longitud. En el Anexo B, se encuentra el Informe de Auditoría Sistemas contra Incendio, realizado por la Firma OSHO Ingeniería Ltda.

En conclusión, la red general contra incendio y el equipo de bombeo no cumple con la normativa y capacidad suficiente para garantizar los 750 gpm con una presión mínima de 100 psi requeridos para el funcionamiento de tres gabinetes contra incendio Clase III en el tercer piso. Por la anterior razón se requiere la modificación en su totalidad del la red contra incendio. En el siguiente capítulo se mostrará el nuevo diseño del sistema de protección contra incendio en la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100.

## **5 DISEÑO DE RED GENERAL EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, SEDE CALLE 100.**

Para el diseño de la Red General Contra Incendios de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, se obtuvo algunos criterios que se mencionan a continuación tomados del Manual de Protección contra Incendios, Quinta Edición en Español, Editorial NFPA, 2009.

El criterio general que se utilizó para la ubicación de los gabinetes contra incendio es el de “longitud real”, la cual consiste en ubicar los gabinetes de tal forma que haya suficientes para llegar a todas las partes del piso del edificio, protegiendo así con mangueras de 100 pies (30 m) y un chorro de alcance hasta 30 pies (9 m). Las distancias deben ser medidas en línea recta y teniendo en cuenta los obstáculos en el recorrido.

Este diseño se complementa con el criterio de “ubicación de salidas de emergencia”, que consiste en ubicar los gabinetes dependiendo de las salidas de emergencia que tenga el edificio. Con base a este criterio, las conexiones a mangueras o gabinetes se localizaran cerca a las puertas que llevan a las escaleras de emergencia, salidas horizontales o cerca a las salidas a las vías de evacuación.

Se diseñó un sistema de red general contra incendio que abarque en su totalidad y suministre protección a las zonas de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, analizadas en el Capítulo 3. La red general cuenta con 45 gabinetes de mangueras contra incendio, una conexión a bomberos y un punto de suplencia de la bomba contra incendio de acuerdo con lo estipulado en la norma NFPA 14.

La red general está comprendida principalmente por tres anillos ubicados en el sótano, primer y segundo piso de los edificios B, C, D y E; el tercer, cuarto y quinto piso están conectados por dos tuberías verticales que garantizan el flujo en todo el edificio principal.

El edificio Administrativo A, edificio F y el aula máxima están alimentados por tuberías verticales independientes conectadas a anillo principal del sótano en el Edificio B y D.

Se ubican válvulas de corte tipo vástago OS&Y, para aislar tramos de tubería y poder realizar actividades de mantenimiento.

La red general contra incendio requiere un Bomba contra incendio de una capacidad mínima de 750 gpm a una presión residual mínima de 140 psi con una descarga de 8" que continua hacia el anillo del sótano en el edificio B. Igualmente, requiere un tanque de agua con una capacidad mínima de 170 m<sup>3</sup>, para un funcionamiento de 60 minutos, la cual es el tiempo mínimo para la extinción del incendio en un riesgo ordinario, según la NFPA 13.

Para visualizar el diseño de la red contra incendio se elaboraron planos básicos de diseño. A continuación se listan los planos de diseño que se encuentran seguidos de este documento.

Plano Portada	RCI-UMNG-01-2011
Edificios A, B, C, D, E, F y Aula Máxima. Sótano.	RCI-UMNG-02-2011
Edificios A, B, C, D, E, F y Aula Máxima. Primer Piso.	RCI-UMNG-03-2011
Edificios A, B, C, D, E, F y Aula Máxima. Segundo Piso.	RCI-UMNG-04-2011
Edificios A, B, C, D, E, F y Aula Máxima. Tercer Piso.	RCI-UMNG-05-2011
Edificios E, F y Aula Máxima. Cuarto y Quinto Piso.	RCI-UMNG-06-2011
Edificio A, B, C, D y E. Vista en Isométrico.	RCI-UMNG-07-2011
Edificio E, F y Aula Máxima .Vista en Isométrico.	RCI-UMNG-08-2011

## 5.1 MEMORIAS DE CÁLCULO

Para la validación hidráulica de la red contra incendio en la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, se utilizó el *software* "THE SPRINKLER 2001", especializado para simulaciones de sistemas de rociadores automáticos. Este programa realiza la validación basado en la formula de Hazen –Williams para flujo de agua.

### 5.1.1 Criterios de Diseño

Para el diseño de la red general contra incendio en la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, se contemplo tubería de acero - carbono, con Schedule 40 y un coeficiente de pérdida de fricción de 120.

Se corrió el programa utilizando parámetros como caudal, presión, diámetro, longitud, Schedule y coeficiente de ficción. Dentro del sistema además de los parámetros anteriores se consideraron los gabinetes G22, G23, G24 y G25 para su funcionamiento.

Los gabinetes G24 y G25 por ser Clase II, normativamente requieren un flujo mínimo de 100 gpm con una presión mínima de 65 psi. Los gabinetes G22 y G23 son Clase III, requieren un flujo mínimo de 250 gpm y una presión mínima de 100 psi.

### 5.1.2 Contenido de Memorias de Cálculo

Las memorias de cálculo se dividen en seis capítulos diferentes. A continuación se describirá la forma de leer cada una de las tablas contenidas en las memorias de cálculo.

**Tramos.** En este capítulo se presenta los tramos de la red contra incendio.

Figura 28. Memorias de Cálculo. Tramos

Begin Node	End Node	Length feet	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Status	Shift	Ftg Desc
BOMBA	0	21.000	8	40	3E CV GV	120	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	49.000	8	40	T	120	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	41.000	8	40	E	120	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	3	39.000	8	40		120	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Del nodo hidráulico Bomba al nodo 0 hay una longitud de 21 pies de tubería de 8" de acero Schedule 40, con accesorios, tres codos de 90 grados (E), una válvula compuerta (GV), una válvula de retención (CV) y un factor de fricción para la formula de Hazen- William C=120.

**Nodos.** En este capítulo se presenta los puntos de cálculo que corresponde a los nodos involucrados en la red contra incendio.

Figura 29. Explicación de Memorias de Cálculo. Nodos

Node	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) <sup>1/2</sup>	Area sqft	Hose gpm
G21	39.00	0.00	0.00	0.00
G22	51.00	0.00	0.00	250.00
G23	51.00	0.00	0.00	250.00
G24	64.00	0.00	0.00	100.00
G25	64.00	0.00	0.00	100.00

El nodo G21 tiene una elevación de 39 pies y el nodo G22 de 51 pies. Por ser el nodo G22 que representando un gabinete contra incendio remoto se les aplica el caudal mínimo correspondiente en la casilla de Hose. Por ejemplo, éste gabinete es clase III y requiere un caudal mínimo de 250 gpm.

**Resumen Hidráulico.** Se presenta la capacidad de la Bomba contra incendio con la siguiente información.

Presión Estática	150 (psi)	Flujo 0 (gpm)
Presión Residual	140 (psi)	Flujo 750 (gpm)

Requiere una presión mínima de 131,31 psi en la bomba para suplir el flujo mínimo requerido de 700 gpm en los gabinetes más remotos ubicados en el cuarto y quinto piso del edificio E.

La red principal contra incendio dispone una presión de 141,20 psi, la cual es la presión suplida por la bomba según su curva de diseño al caudal requerido por la red.



La diferencia entre la presión suplida y la presión requerida es de 9,89 psi, indicando que la bomba contra incendio cuenta con una presión remanente para suplir mayores flujos.

La velocidad máxima en el sistema es de 10,85 pies/s y esta se encuentra entre los nodos 36 y G23.

**Flujo en los tramos.** En este capítulo el programa muestra el comportamiento de del flujo en la red. Es recomendable leer los este capítulo con seguimiento a los planos de diseño.

Figura 30. Explicación de Memorias de Cálculo. Flujo en tramos.

Begin Node	End Node	Flow gpm	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Length feet	Eqv Length feet	Ttl Length feet	Fric Loss psi/ft	Ttl FL psi	Elev Loss psi	Velocity ft/s
BOMBA	> 0	700.00	7.981	40	3E CV GV	120	21.000	103.000	124.000	0.005	0.59	3.90	4.49
0	> 1	329.19	7.981	40	T	120	49.000	35.000	84.000	0.001	0.10	0.00	2.11
1	> 2	329.19	7.981	40	E	120	41.000	18.000	59.000	0.001	0.07	0.00	2.11
2	> 3	329.19	7.981	40		120	39.000	0.000	39.000	0.001	0.05	0.00	2.11

Del nodo Bomba al nodo 0 fluyen 700 gpm con dirección hacia el nodo 0(>), con un diámetro de 8" (7,981 pulgadas reales internas), con una tubería de acero con Schedule 40, con accesorios, tres codos de 90 grados (E), una válvula compuerta (GV), una válvula de retención (CV), coeficiente de fricción C=120, con longitud de 21 pies, longitud equivalente de 103 pies (pérdidas por accesorios), longitud total de 124 pies, pérdidas por fricción de 0,005 psi/pies, perdidas en todo el tramo de 0,59 psi, perdidas por elevación de 3,90 psi y una velocidad de 4,49 pies/s.

**Flujo en Nodos.** En este capítulo el programa muestra los flujos, presiones y elevaciones de en los nodos.

Figura 31. Explicación de Memorias de Cálculo. Flujo en Nodos

Node	Pressure psi	Flow gpm	Hose gpm	Elevation feet
BOMBA	131.31	700.00		0.000
0	126.81	0.00		9.000
1	126.71	0.00		9.000
2	126.64	0.00		9.000

Por ejemplo, el nodo bomba tiene una presión de 131,31 psi para un flujo de 700 gpm y una elevación de 0 pies.

**Curva Hidráulica.** Esta curva muestra el comportamiento de la bomba diseñada y el punto donde se ubica la presión y flujo requerido por el sistema. También, se puede identificar el margen de seguridad el cual es la diferencia entre la presión disponible por la bomba y la requerida por el sistema.

## 5.2 CANTIDADES DE OBRA

CANTIDADES DE OBRA- DISEÑO RED GENERAL CONTRA INCENDIO		
Descripción	Unidad	Cantidad
<b>a. Tubería</b>		
8" Acero Schedule 40	m	192
6" Acero Schedule 40	m	258
4" Acero Schedule 40	m	516
3" Acero Schedule 40	m	144
2½" Acero Schedule 40	m	108
2" Acero Schedule 40	m	144
1½" Acero Schedule 40	m	54

<b>b. Codos</b>		
8" Acero ranurado 90°	UND	18
6" Acero ranurado 90°	UND	20
4" Acero ranurado 90°	UND	23
3" Acero ranurado 90°	UND	21
2½" Acero ranurado 90°	UND	53
2" Acero ranurado 90°	UND	35
1½" Acero ranurado 90°	UND	17
<b>c. Tee</b>		
8" Acero ranurado	UND	6
6" Acero ranurado	UND	4
4" Acero ranurado	UND	8
3" Acero ranurado	UND	1
2" Acero ranurado	UND	2
<b>d. Tee mecánica</b>		
8"x4" Acero ranurado	UND	4
8"x2½" Acero ranurado	UND	2
8"x2" Acero ranurado	UND	1
8"x1½" Acero ranurado	UND	1
6"x4" Acero ranurado	UND	7
6"x3" Acero ranurado	UND	2
6"x2½" Acero ranurado	UND	3
6"x1½" Acero ranurado	UND	1
4"x2½" Acero ranurado	UND	11
4"x2" Acero ranurado	UND	3
4"x1½" Acero ranurado	UND	6
3"x2½" Acero ranurado	UND	1
3"x1½" Acero ranurado	UND	6
2½"x1½" Acero ranurado	UND	24

<b>e. Reducciones</b>		
8"x6" Acero ranurado	UND	5
8"x2½" Acero ranurado	UND	2
6"x4" Acero ranurado	UND	2
6"x3" Acero ranurado	UND	4
6"x2" Acero ranurado	UND	1
4"x3" Acero ranurado	UND	4
4"x2" Acero ranurado	UND	2
3"x2½" Acero ranurado	UND	6
3"x2" Acero ranurado	UND	3
2"x1½" Acero ranurado	UND	11
<b>f. Uniones rígidas ranuradas</b>		
8" Acero ranurado	UND	86
6" Acero ranurado	UND	100
4" Acero ranurado	UND	162
3" Acero ranurado	UND	79
2½" Acero ranurado	UND	149
2" Acero ranurado	UND	110
1½" Acero ranurado	UND	92
<b>g. Gabinetes</b>		
Clase II	UND	18
Clase III	UND	27
<b>h. Otros</b>		
Válvula vástago OS&Y 8"	UND	8
Válvula vástago OS&Y 6"	UND	6
Válvula vástago OS&Y 4"	UND	17
Válvula vástago OS&Y 3"	UND	2
Válvula de retención "Cheque" 4"	UND	1
Conexión a bomberos "Siamesa"	UND	1

## 6 CONCLUSIONES

Dentro de las conclusiones técnicas están:

La Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100, requiere un sistema de extinción de incendios, debido a que predominan los riesgos más altos de incendio ubicado en la bodega del edificio administrativo, zona de preparación de comidas, planta eléctrica y laboratorios industriales.

La red contra incendio existente tiene fallas en su funcionamiento a razón de las ampliaciones estructurales y arquitectónicas sucedidas en los últimos 10 años, en las cuales no se contemplo la optimización y modificación de la red hidráulica contra incendio.

Los elementos contra incendio pertenecientes a la red contra incendio existente, requieren cambios por falta de inspección, prueba y mantenimiento.

El equipo de bombas de la red existente no cumple con la norma NFPA 20, ni hidráulicamente con la demanda de los gabinetes de mangueras remotos en la instalación de la universidad. Es necesario el cambio del sistema, equipo e instalación de bombas contra incendios.

Se requiere la optimización de la red hidráulica contra incendio en las instalaciones de la universidad para la protección de las vidas humanas, instalaciones, maquinaria y equipos, continuidad de las operaciones y el cumplimiento de las normas NFPA.

Dentro de las conclusiones de aprendizaje están:

La ingeniería contra incendio requiere un alto grado de conocimientos en el campo hidráulico para establecer criterios de diseño y obtener un gran desempeño en la implementación de sistemas contra incendio.

Se requieren conocimientos técnicos para la validación de redes húmedas contra incendio por medio del programa “THE SPRINKLER 2001”.

Es de gran importancia entender el funcionamiento de una red hidráulica para la comprensión de las memorias de cálculo y la escogencia de equipos y elementos requeridos.

Dentro del programa de ingeniería civil de la Universidad Militar Nueva Granada no se menciona las redes hidráulicas contra incendio, las cuales son de gran aplicación en las materias de Hidráulica, debido a que se estudia conceptos como: longitud equivalente, descarga por orificios, pérdidas, redes hidráulicas, bombas hidráulicas, dispositivos y accesorios de retención e interrupción del flujo.

En el transcurso del proyecto de grado “Análisis de riesgos y optimización del sistema contra incendio de la Universidad Militar Nueva Granada, sede calle 100”, se obtuvo como aprendizaje a clasificar la institución de acuerdo al material combustible permanente y a la carga ocupacional existente en las diferentes zonas de la universidad. Igualmente, se logró aplicar el Código de Seguridad Humana en la identificación de las salidas requeridas y opciones de mejora de las existentes para la evacuación de las personas en una situación de emergencia, y así recomendar la ubicación adecuada de los gabinetes contra incendio, con base en lo estipulado en la NFPA 14.

Se aprendió a identificar fallas en el equipo de bombas, la red hidráulica y los gabinetes contra incendio. Igualmente, se eligió la capacidad de la bomba contra incendio de acuerdo a los parámetros establecidos en la normativa NFPA y el análisis de las memorias de cálculo para una adecuada aplicabilidad y eficiencia del sistema.

Con este proyecto de grado se orienta la seguridad industrial en la institución educativa, dando alcance al cumplimiento de la normativa colombiana en el tema específico de seguridad contra incendios.

## 7 RECOMENDACIONES

Es importante que la Universidad Militar Nueva Granada tome conciencia del riesgo de incendios en las instalaciones de la calle 100, desarrollando programas y sistemas de prevención y atención.

Es necesario que se enseñe sobre la protección contra incendios a los estudiantes y empleados de la Universidad Militar Nueva Granada haciendo una disminución en el riesgo de incendios y evitando el indebido comportamiento de las personas al momento del incendio.

Se recomienda instalar un sistema de extinción de incendios, ya sea rociadores automáticos y/o red hidráulica de mangueras cumpliendo con las normas NFPA para el diseño, montaje, mantenimiento e inspección de instalaciones contra incendio, organización reconocida internacionalmente.

Para una mayor efectividad en el funcionamiento de los sistemas hidráulicos contra incendio, éstos se deben complementar con un adecuado sistema de detección y alarma, análisis de seguridad humana y separación de lugares para evitar la propagación del fuego.

El diseño de la red hidráulica contra incendio realizado en este proyecto de grado debe ser validado por una compañía especializada en Protección Contra Incendios para su instalación.

Las siguientes son recomendaciones del análisis de riesgos:

Las escaleras ubicadas en el edificio del Aula Máxima no cumplen como salida de emergencia, debido a que el ancho mínimo libre de toda obstrucción para una escalera es de 0,915 m según la Tabla 7.2.2.2.1 (b) Escaleras existentes del Código de Seguridad Humana NFPA 101. Por esta razón, se requiere construir una salida adicional en el sótano y otra en el tercer piso para la evacuación segura de las personas ubicadas en el gimnasio y el cuarto técnico del Aula máxima.

Se debe adecuar y habilitar las salidas de emergencia cumpliendo con las características requeridas por el Código de Seguridad Humana NFPA 101, donde cumpla su apertura hacia afuera, señalización e iluminación, barra anti-pánico y dimensiones de puertas y escaleras.

Las siguientes son recomendaciones de la red general, equipo de bombas y el tanque de suministro de agua para el control de incendios:

El tanque de suministro de agua para la red hidráulica contra incendio debe ser independiente al de consumo, para no contaminar esta última y garantizar el mínimo almacenaje requerido por los sistemas contra incendio.

Se recomienda realizar inspecciones, pruebas y mantenimientos a los equipos y sistemas contra incendio y conservar información de los mismos para su historial.

La succión de la bomba debe llevar una reducción excéntrica en cambio de la concéntrica y una unión flexible antes de la entrada hacia el tanque de suministro. Igualmente, el equipo requiere una bomba sostenedora de presión Jockey y un cabezal de pruebas.

El equipo de bombas debe estar debidamente señalado y marcado indicando capacidad, presión y diámetros en la succión y la descarga.

Se requiere el cambio del equipo de bombeo, debido a que no cumple con la capacidad mínima para suplir los gabinetes más remotos en el diseño propuesto.

Cumpliendo con las normas NFPA, los gabinetes de mangueras contra incendio deben adecuarse y probarse para su reutilización en una futura instalación de la red hidráulica contra incendio.



## BIBLIOGRAFÍA

Manual de protección contra incendios. Edición 2009. Editorial National Fire Protection Association.

NFPA 1: Fire code. Edición 2009.

NFPA 13: Standard for the installation of sprinkler systems. Edición 2010.

NFPA 14, Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras, Edición 2007.

NFPA 20: Standard for the installation of stationary pumps for fire protection. Edición 2010.

NFPA 24, Norma para la instalación de tuberías para servicio privado de incendios y sus accesorios.

NFPA 101, Código de Seguridad Humana. Edición 2006.

ROBERT L. MOTT. Mecánica de fluidos aplicada. Cuarta Edición. Editorial Pretice Hall Hispanoamericana, S.A. México. 1996.

STREETER, VICTOR L. Mecánica de los fluidos. Cuarta Edición. McGRAW-Interamericana Editores, S.A. México.

Catalogo General G-103. Victaulic Company. Piping. Systems. Solutions. Octubre de 2005.

EL PERIODICO, Incendio de almacenes Éxito en Fontibón deja Millonarias pérdidas [2007-11-18], Consultado el 13 de Abril de 2010, en: <http://www.elperiodico.com.co/seccion.php?codigo=252&seccion=3&fecha=2007-11-18>

DESASTRES, Incendio en Almacenes Éxito de Colombia 25/12/2007, Consultado el 13 de abril de 2010, en: <http://www.desastres.org/noticias.php?id=25122007-07>

METROCUADRADO, Vacíos en protección contra incendios al construir ABRIL DE 2010, Consultado el 13 de abril de 2010, en: [http://contenido.metrocuadrado.com/contenidom2/noticias\\_m2/abrilde2010/ARTICULO-WEB-PL\\_DET\\_NOT\\_REDI\\_M2-4085484.html](http://contenido.metrocuadrado.com/contenidom2/noticias_m2/abrilde2010/ARTICULO-WEB-PL_DET_NOT_REDI_M2-4085484.html).