

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
**FACULTAD TECNOLÓGICA**  
**PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**  
**FORMATO PRESENTACIÓN PROYECTOS DE GRADO**


Nº DE RADICACIÓN: \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN EJECUTORES:**

**Ejecutor 1:**

Nombre (s):	<b>Alfredo Martin</b>	
Apellido (s):	<b>Mahecha Galindo</b>	
Código:	<b>20082275021</b>	
e-mail:	<a href="mailto:almarma7920@hotmail.com"><b>almarma7920@hotmail.com</b></a>	
Teléfono:	<b>7262327</b>	
Celular:	<b>3143313750</b>	

**Ejecutor 2:**

Nombre (s):	<b>Fredy</b>	
Apellido (s):	<b>Mojica Bolívar</b>	
Código:	<b>20082275025</b>	
e-mail:	<a href="mailto:fredymoicab@gmail.com"><b>fredymoicab@gmail.com</b></a>	
Teléfono:	<b>2643093</b>	
Celular:	<b>3214629010</b>	

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**

**FORMATO PRESENTACIÓN PROYECTOS DE GRADO**

**INFORMACIÓN DEL PROYECTO:**

Título del Proyecto:	<b>Diseño de la red contra incendios para las instalaciones del colegio Rodrigo Lara Bonilla I.E.D. (Bogotá) conforme a la norma NFPA 13</b>	
Duración (estimada):	<b>4 meses</b>	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<b>X</b>
	Intervención Comunitaria	
Modalidad del Trabajo de Grado: (Marqué con una "x")	Pasantía	
	Proyectos Científicos y Comunitarios	<b>X</b>
Línea de Investigación de la Facultad: (Marqué con una "x")	Apoyo Tecnológico Empresarial	<b>X</b>
	Optimización de Procesos	
	Desarrollo Tecnológico Local e Institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular: (Marqué con una "x")	Energías Alternativas	
	Materiales y Procesos	
	Diseño Mecánico	<b>X</b>
	Automatización Industrial	
	Educación Tecnológica	
	Otra (Cuál):	
Grupo de Investigación: (Marqué con una "x"):	GIDEAUD	
	DISING	
	Otro (Cuál):	
Proyecto de Investigación:		
Semillero de Investigación:		

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**

**FORMATO PRESENTACIÓN PROYECTOS DE GRADO**

Áreas del conocimiento que involucra:	<b>Mecánica de fluidos, diseño de máquinas, dibujo de máquinas, máquinas hidráulicas.</b>
---------------------------------------	---

**INFORMACIÓN PASANTÍA:**

Nombre de la Empresa:	
-----------------------	--

Domicilio:	
------------	--

Teléfonos:	
------------	--

Correo_electrónico:	
---------------------	--

Página Web:	
-------------	--

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA:**

Director:	<b>Ing. Yisselle Indira Acuña Hereira</b>
-----------	---

Vo. Bo.:	
----------	--

Coordinador del Proyecto en la empresa (Pasantía):	
--	--

Vo. Bo.:	
----------	--

Formulación Proyecto de Grado:	<b>Ing. Mirna Jirón Popova</b>
--------------------------------	--------------------------------

Vo. Bo.:	
----------	--

## TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1. Diagnóstico de la situación problema.....	7
1.2. Problema del proyecto de grado .....	8
2. JUSTIFICACION.....	9
3. OBJETIVOS .....	10
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	10
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	10
4. MARCO TEORICO .....	11
4.1. RED CONTRA INCENDIO.....	11
4.2. SISTEMAS CONTRA INCENDIO .....	12
4.2.1. Extintores .....	12
4.2.2. Sistema de protección con hidrantes .....	13
4.2.3. Hidrantes .....	13
4.2.4. Gabinete de protección contra incendio .....	13
4.2.5. Accesorios.....	14
4.2.6. Tanque de almacenamiento .....	15
4.2.7. Sistema de protección con rociadores de agua .....	15
4.2.8. Sistemas de distribución .....	16
4.2.9. Cálculos .....	17
5. METODOLOGIA.....	22
6. CRONOGRAMA.....	23
7. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....	24
TABLA DE ECUACIONES .....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entendemos por incendios estructurales aquellos que se desarrollan al interior de construcciones realizadas por el hombre, es decir, edificios de oficinas, viviendas, industrias, instalaciones deportivas cerradas, colegios, universidades, etc. Estos incendios son con gran diferencia los que más peligro y complejidad conllevan en cuanto a su forma de extinción, además de ser los que provocan mayores pérdidas materiales, ya que suelen ocasionar la destrucción de todo el contenido de la construcción e incluso su colapso.

Por si esto no fuera suficiente, lo normal es que estas instalaciones estén habitualmente ocupadas de personas, por lo que estos incendios implican también un grave riesgo, no solo material, sino también personal o humano.

Las causas principales de incendio son:

- Eléctricas
- Cigarrillos y fósforos
- Líquidos inflamables/combustibles
- Falta de orden y aseo
- Fricción
- Chispas mecánicas
- Superficies calientes
- Llamas abiertas
- Chispas de combustión
- Corte y soldadura

Todo esto ha provocado la constante investigación y posterior obligación legal, de dotar a las instalaciones de medidas de prevención activa y pasiva que traten de evitar los incendios, y facilitar la extinción en caso que se produzcan.

Los sistemas de protección contra incendios constituyen un conjunto de equipamientos diversos integrados en la estructura de los edificios. La protección contra incendios se basa en dos tipos de medidas:

### **Medidas de protección pasiva**

Son medidas que tratan de minimizar los efectos dañinos del incendio una vez que este se ha producido. Básicamente están encaminadas a limitar la distribución de llamas y humo a lo largo del edificio y a permitir la evacuación ordenada y rápida del mismo.

Algunos ejemplos de estas medidas son:

- Compuertas en conductos de aire.
- Recubrimiento de las estructuras (para maximizar el tiempo antes del colapso por la deformación por temperatura).
- Puertas cortafuegos.
- Dimensiones y características de las vías de evacuación.
- Señalizaciones e iluminación de emergencia.
- Compartimentación de sectores de fuego.
- Etc.

## Medidas de protección activa

Son medidas diseñadas para asegurar la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápidamente posible y evitar así su extensión en el edificio. Dentro de este apartado se han de considerar dos tipos de medidas:

a) Medidas de detección de incendios, que suelen estar basadas en la detección de humos (iónicos u ópticos) o de aumento de temperatura.

b) Medidas de extinción de incendios, que pueden ser manuales o automáticos:

- Manuales: Extintores, Bocas de incendio equipadas (BIE), Hidrantes, Columna seca.
- Automáticos: Dotados de sistemas de diversos productos para extinción:
  - Agua (Sprinklers, cortinas de agua, espumas, agua pulverizada).
  - Gases (Halcones (actualmente en desuso), dióxido de carbono).
  - Polvo (Normal o polivalente).

En Colombia los incendios en edificios son por diversas razones los más peligrosos, costosos en vidas humanas y difíciles de controlar por las brigadas de extinción de incendios, una vez que el fuego se ha desarrollado.

En Bogotá los incendios estructurales están asociados a las diferentes actividades comerciales, industriales y residenciales que se desarrollan en la ciudad. Mauricio Toro Acosta, director de la Unidad Administrativa Especial Cuerpo de Bomberos de Bogotá, afirma que de las 560 conflagraciones registradas entre enero y octubre de este año, 403 han ocurrido en viviendas, 64 en fábricas y bodegas, y 52 en establecimientos comerciales. Además se han presentado algunos incendios en restaurantes, talleres de mecánica, parques de diversiones, planteles educativos, centros correccionales, subestaciones eléctricas y en la central de abastos.

Las localidades más afectadas han sido Suba, con 76 conflagraciones; Kennedy, con 65; Engativá, con 60, y Ciudad Bolívar, con 43; siendo los estratos 3 y 2, los más afectados.<sup>1</sup>

La Secretaría de Educación de Bogotá, exige como requisito previo al otorgamiento de la licencia de funcionamiento, contar con una planta física adecuada para la prestación del servicio educativo, lo cual se evidencia con la presentación de la licencia de construcción o del reconocimiento de la construcción, debidamente desarrollada en el predio, que autorice el uso de la edificación para institución educativa, de acuerdo con las siguientes normas:

Artículo 138 de la ley 115 de 1994, concordante con el artículo 9° de la ley 715 de 2001

- Acuerdo 6 de 1990 del Concejo de Bogotá, art. 291
- Ley 400 de 1997,
- Decreto 1052 de 1998 del Min. Desarrollo (derogado en los artículos 35 a 74 y 81 por el Decreto 564 de 2006)
- Decreto 1600 de 2005 vigente en su artículo 57 el cual fue modificado y adicionado por el Decreto 564 de 2006.
- Decreto Distrital 619 de 2000 mediante el cual se adopta el POT, y revisiones siguientes compiladas en el Decreto Distrital 190 de 2004,
- Decreto 449 de 2006: Plan Maestro de Equipamientos Educativos

---

<sup>1</sup> Viviendas, las edificaciones que más se incendian en Bogotá. (2011). Actualizado el 05 de Noviembre de 2011 de <http://www.bomberosbogota.gov.co/content/view/1410/1/>

- Directiva Ministerial 0016 de 24 de septiembre de 2003

La institución educativa Rodrigo Lara Bonilla I.E.D. es de carácter oficial y de educación formal que ofrece sus servicios a niños, jóvenes, mujeres y hombres en los niveles de preescolar, básica primaria y secundaria, educación media en finanzas, en tecnología, contabilidad, electricidad y electrónica, lenguajes lógicos, robótica y educación por ciclos para adultos. Integra niños y jóvenes con deficiencia cognitiva y limitación visual. “Teniendo una población estudiantil aproximada de 3000 estudiantes distribuidos en tres jornadas”.<sup>2</sup>

Ubicada en la localidad 19 de Ciudad Bolívar en Bogotá. Dicha edificación está diseñada para la comodidad y desarrollo de sus estudiantes y sus instalaciones cuentan con; un laboratorio de física, uno de química, dos de bilingüismo, cuatro de informática, uno de electricidad, uno de comercio y uno de robótica. También cuenta con 27 aulas, un teatro, un coliseo, un módulo administrativo, restaurante estudiantil, cafetería y zonas comunes.

### **1.1. Diagnóstico de la situación problema**

Por acuerdo N°011 de febrero 25 de 1983 de la alcaldía mayor de Bogotá y de la Secretaria de educación se crea y legaliza el Colegio Distrital Candelaria la Nueva. Por Acuerdo N°. 041 del 12 de junio de 1984, se modifica el nombre por el de Colegio Distrital Rodrigo Lara Bonilla el cual fue ampliado y modificado para prestar todos los servicios educativos a una comunidad más grande.

Finalmente bajo Resolución N°3649 del 15 de noviembre de 2002 se adopta el nombre definitivo de Institución Educativa Distrital Rodrigo Lara Bonilla, cumpliendo con la Norma Técnica Colombiana NTC 4595 (Ingeniería Civil y Arquitectura Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares).

Actualmente las instalaciones del colegio no cuentan con ningún sistema contra incendio poniendo en riesgo a la comunidad estudiantil y a la infraestructura frente a la posible ocurrencia de incendios.

En el colegio encontramos posibles causas de incendio principalmente en los laboratorios de física y química, en estos se tienen instalaciones eléctricas, instalaciones de gas y accesos a productos peligrosos como ácidos, alcoholes y aceites. Aunque no se ha presentado incendio alguno en las instalaciones el riesgo existe.

La institución junto con la dirección local de educación de Ciudad Bolívar ha venido implementando acciones que garanticen un nivel de seguridad y de bienestar ante cualquier catástrofe que pueda presentarse; (terremotos, movimientos telúricos, incendios, robos etc.). Con miras a alcanzar mayores niveles de seguridad se implementa el Plan Escolar para la Gestión del Riesgo.

---

<sup>2</sup> ENTREVISTA con Mónica González, Funcionaria del Ministerio Nacional de Educación de Colombia, Bogotá, Septiembre 12 de

## **1.2. Problema del proyecto de grado**

En este sentido, el problema que aborda el presente proyecto es diseñar la red contra incendios (RCI), siguiendo las normas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (National Fire Protection Association NFPA).

Se tendrán en cuenta las siguientes normas de la NFPA:

- NFPA 13 – Instalación de Rociadores Automáticos.
- NFPA 20 - Instalación de Bombas Contra Incendio.
- NFPA 25 – Prueba, Inspección y Mantenimiento de Sistemas contra Incendio a base de Agua.
- NFPA 70- Código Eléctrico.



## **2. JUSTIFICACION**

La Alcaldía Mayor de Bogotá, a través de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de la Secretaría de Gobierno, entrega la guía para que la Secretaría de Educación (S.E.D.) y el Ministerio de Educación Nacional (M.E.N), trabajen con las instituciones educativas en la elaboración del Plan Escolar para la Gestión del Riesgo, teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 4595 (Ingeniería Civil y Arquitectura Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares). Su propósito es generar en la comunidad educativa un mayor conocimiento de los riesgos a los que se encuentra expuesta, con el fin de orientar los procesos que permitan reducirlos, eliminarlos o atender una situación de emergencia.

El extintor es el primer recurso que se tiene para atacar el fuego, pero cuando este ya está fuera de control, salvaguardar la vida humana es la única prioridad. Es ahí donde los Sistemas Contra Incendios juegan un papel fundamental, que pueden salvar vidas y proteger la propiedad.

Es por esto que el diseño de la red contra incendios complementara el Plan Escolar para la Gestión del Riesgo, permitiendo que las actividades que se desarrollan en el colegio Rodrigo Lara Bonilla I.E.D., sean más seguras y al mismo tiempo previniendo y/o evitando daños a equipos, materiales y personas en caso de que se presente un incendio,

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una red contra incendios para las instalaciones del colegio Rodrigo Lara Bonilla I.E.D. (Bogotá) conforme a la norma NFPA 13.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diseñar la red contra incendios (sistemas de rociadores automáticos de supresión de fuegos).
- Seleccionar, a partir de los parámetros definidos en el diseño, todos los componentes; accesorios y elementos que hacen parte de la red (tuberías, válvulas, bombas, rociadores, etc.).
- Elaborar la memoria de cálculo hidráulico detallado utilizando el programa **EPANET** (cálculo de tuberías, criterio de selección de bombas y cuarto de control) y los planos de conjunto y de detalles del sistema diseñado.
- Elaborar el presupuesto general para la implementación de la red contra incendios.

## 4. MARCO TEORICO

El siguiente marco teórico se fundamenta en las siguientes fuentes de información:

- Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y Contra Incendios. Capítulo 4.
- NFPA 13: Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
- FARRAS, Luis E. Criterios de Diseño, Cálculo y Selección de Tuberías.
- SISTEMAS HIDRONEUMATICOS C.A. Manual De Procedimiento Para El Cálculo Y Selección De Sistemas De Bombeo.

### 4.1. RED CONTRA INCENDIO

Las instalaciones de protección contra incendios en determinados tipos de edificios requieren el almacenamiento y distribución de agua hasta puntos cercanos a las zonas habitadas para su uso en caso de un posible fuego accidental.

El fuego ha sido, a la vez un elemento imprescindible y un potencial enemigo tradicional de las viviendas y lugares de trabajo del ser humano. Desde la antigüedad, en las ciudades siempre se ha dispuesto de diversos medios más o menos sofisticados para la lucha contra los incendios accidentales, tradicionalmente se disponía de grupos de bomberos a los que se confiaba dicha labor. A principios del siglo XX, se comenzó a instalar sistemas mecánicos de detección y extinción de incendios que basaban su funcionamiento en el almacenamiento de agua y su descarga automática o manual en caso de emergencia.

La red de incendio que se vaya a implementar en un espacio debe cumplir en lo referente a los criterios de diseño, selección y elementos que la componen, para esto se aplican las normas NFPA (National Fire Protection Association ) el cual es el ente especializado en lo relacionado a la estandarización, normatividad y recomendaciones en lo concerniente a la protección contra incendios. Se tendrán en cuenta para este caso los siguientes apartados de la norma NFPA:

#### **NFPA 13 – Instalación de Rociadores Automáticos:**

Proporciona un grado razonable de protección contra incendios, para la vida humana y la propiedad, a través de la normalización de los requisitos de diseño, instalación y prueba de los sistemas de rociadores, incluyendo las tuberías principales privadas de servicio contra incendios, basándose en principios de ingeniería confiables, datos de pruebas y experiencias de campo.

#### **NFPA 20 - Instalación de Bombas Contra Incendio:**

El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra incendios a la vida y la propiedad a través de requerimientos de instalación para bombas estacionarias para protección contra incendio basados en sólidos principios de ingeniería, datos de prueba y experiencia de campo.

## **NFPA 25 – Prueba, Inspección y Mantenimiento de Sistemas contra Incendio a base de Agua:**

Este documento establece los requisitos mínimos para la inspección, prueba y mantenimiento periódico de sistemas de protección contra incendio a base de agua, incluyendo aplicaciones en tierra y marítimas.

## **NFPA 70- Código Eléctrico:**

Contiene disposiciones consideradas necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el buen mantenimiento darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos.

## **4.2. SISTEMAS CONTRA INCENDIO**

Los sistemas de extinción, se determinan de acuerdo al riesgo de incendio, en donde influyen tanto la dimensión del área del riesgo, las vidas a proteger y los bienes existentes en el lugar que se aplique, se conocen algunos sistemas como lo son:

### **4.2.1. Extintores**

Criterios de localización:

- Si el riesgo es bajo y va a estar protegido con hidrantes, se debe colocar un extintor por cada 500 m<sup>2</sup> o fracción
- Si el riesgo es medio y va a estar protegido con hidrantes, se debe colocar, un extintor por cada 300 m<sup>2</sup> o fracción.
- Si el riesgo es bajo sin hidrantes, se debe colocar un extintor por cada 300 m<sup>2</sup> o fracción.
- Si el riesgo es medio sin hidrantes, se debe colocar un extintor por cada 200 m<sup>2</sup> o fracción.
- Debe colocarse a una distancia no mayor de 30m de separación entre uno y otro.
- Debe colocarse a una distancia tal que una persona no tenga que caminar más de 15m para usarlo.
- Debe colocarse a una altura no máxima de 1.60m el soporte del extintor,
- Debe colocarse en sitios donde la temperatura no exceda de 50°C y no sea menor de 0°C.
- Debe colocarse en sitios visibles, de fácil acceso, cerca de las puertas de entrada y salida. o cerca de los trayectos normalmente recorrido.
- Deben sujetarse de tal forma que se pueda descolgar fácilmente para ser usado.
- Cuando se cuente con hidrantes en gabinetes, los extintores deben instalarse en los gabinetes.
- En los lugares que se instalen deben ser señalizados con un círculo de 0.60m a 1.00m de diámetro o un rectángulo pintado de color rojo, quedando el extintor al centro del mismo.

- Debe existir un señalamiento que diga “Extintor” en la parte superior de cada uno de estos y el tipo de fuego para el que pueden ser usados. Independientemente de estos criterios de localización, se debe consultar con las autoridades de la localidad para conocer si existen otros requerimientos.

#### **4.2.2. Sistema de protección con hidrantes**

Los sistemas de hidrantes son un conjunto de equipos y accesorios fijos con gran capacidad de extinción, de los cuales debe disponerse cuando hayan sido insuficientes los equipos portátiles, o extintores, para combatir un conato de incendio. Consiste en el equipo de bombeo y la red de tuberías necesarias para alimentar, con el gasto y la presión requerida, a los hidrantes de la unidad que se pueda considerar en uso simultáneo.

#### **4.2.3. Hidrantes**

Se conoce con el nombre de hidrantes, a las salidas de descarga de una red de tubería, equipos y accesorios fijos con gran capacidad de extinción contra incendio alimentada con agua a presión desde una fuente de abastecimiento. La presión se puede originar por medio de un tanque elevado o de un equipo de bombeo.

Las salidas de descarga deben estar conectadas a un conjunto de accesorios contra incendio contenidos en un gabinete metálico.

##### **a. Clasificación**

- Hidrantes chicos: Se deben usar en riesgos que no necesiten grandes volúmenes de agua para extinción de incendio, y en los que las personas que manejen las mangueras puedan ser hombres y mujeres no capacitados para manejar mangueras de mayor diámetro.
- Hidrantes medianos: Se deben usar en los que se necesite mayores volúmenes de agua de los requeridos para utilizar hidrantes chicos, y en los casos en los que el personal (hombres solamente) no están lo suficientemente entrenados para usar mangueras de mayor diámetro.
- Hidrantes grandes: Se deben usar en los riesgos de características diferentes a los anteriores, o sea, aquéllos en que se necesiten grandes cantidades de agua y en que los hombres que vayan a usar las mangueras están debidamente entrenados y capacitados para el empleo de este tipo de hidrantes.

#### **4.2.4. Gabinete de protección contra incendio**

Los gabinete de protección contra incendio al conjunto formado por el gabinete metálico, la válvula angular de seccionamiento, el porta manguera, la manguera con su chiflón y un exterior.

Debe ser fabricado con lámina de calibre No. 20, de una sola pieza, sin uniones en el fondo, diseñado para sobreponer o empotrar en el muro, con una puerta con bisagra de piano continua, manija tipo de tiro y pestillo de leva, con mirilla de vidrio transparente en la parte superior y de 20 cm. de ancho como mínimo. Las dimensiones de estos gabinetes serán: 83,2cm de ancho, 88,3cm de alto y 21,6 cm de

fondo. En ambos casos habrán de tener una abertura circular en la parte de arriba del costado, tanto en el lado izquierdo como en el lado derecho, para introducir el tubo de alimentación. Debe tener un acabado con una mano de pintura anticorrosiva y el marco del gabinete debe pintarse de color rojo para facilitar su localización en caso de emergencia.

#### **4.2.5. Accesorios**

- **Válvula de seccionamiento**

La válvula de seccionamiento será de globo, del tipo angular, diámetro según el tipo de riesgo, construida de bronce, con asiento intercambiable de neopreno y probada al doble de la presión de trabajo del sistema, como mínimo. Debe ser colocada a una altura no mayor de 1.6 m sobre el nivel de piso terminado.

- **Manguera**

La manguera debe ser de material 100% sintético con recubrimiento interior de neopreno a prueba de ácidos, álcalis, gasolina, hongos, etc. También debe ser a prueba de torceduras y con expansión longitudinal y sección mínima de indicada y una longitud de 30 m. Esta manguera debe plegarse sobre un soporte metálico dentro del gabinete.

- **Soporte de la manguera**

Debe ser giratorio, construido en lámina, para suspender la manguera, a fin de facilitar el tendido de la misma y la operación del hidrante por una sola persona, en caso de ser necesario. Los soportes son de tres tipos: Soporte automático, cuna fija y de cuna móvil

- **Tomas siamesas**

Cuando por alguna causa llega a ser insuficiente el volumen de agua de reserva para protección contra incendio, o cuando el equipo de bombeo instalado en el interior del edificio queda imposibilitado para funcionar, es indispensable tener una conexión a través de la cual pueda bombear agua el Cuerpo Público de Bomberos, esto es, una toma siamesa. Todos los riesgos protegidos con sistema de hidrantes o rociadores deben contar con tomas siamesas. Se deben colocar tomas siamesas cuando menos de 64 mm de diámetro, con válvulas de no retorno, de 7.5 cuerdas por cada 25 mm, acople móvil y tapón macho. Las tomas siamesas se pondrán en el exterior de los edificios, y para su localización se seguirán los siguientes criterios.

Localización de toma siamesa:

- Se debe poner una toma siamesa por cada 90 metros, o fracción, de muro exterior que vea a cada calle o espacio público.
- Cuando se tengan construcciones que den a dos calles paralelas o espacios públicos, se debe poner una toma siamesa por cada 90 metros o fracción del muro exterior en cada una de esas calles paralelas.

- Cuando la construcción esté en una esquina y la longitud total de muros exteriores no exceda de 90 metros, basta con poner una sola toma siamesa, siempre y cuando ésta se coloque a no más de 4.50 metros de la esquina y sobre el muro más largo.
- Cuando la construcción vea a tres calles, se debe poner una toma siamesa por cada 90 metros o tracción de muro exterior que vea a esas calles, siempre y cuando se ponga una toma siamesa en cada calle paralela, y la separación entre tomas no exceda de los 90 metros.
- Cuando la construcción abarca una manzana y da a cuatro calles, se debe poner una toma siamesa por calle; sin embargo, se puede poner una sola toma en una esquina localizada sobre la calle más larga y a menos de 4.5 m. de la esquina, y las otras tomas no quedarán separadas más de 90 metros entre sí.
- Cuando la construcción abarca una manzana y da a cuatro calles, se debe poner una toma siamesa por calle; sin embargo, se puede poner una sola toma en una esquina localizada sobre la calle más larga y a menos de 4.5 m. de la esquina, y las otras tomas no quedarán separadas más de 90 metros entre sí.

#### **4.2.6. Tanque de almacenamiento**

Se debe contar con un almacenamiento de agua, exclusivo para protección contra incendio, en proporción de 5 litros por metro cuadrado construido. La capacidad mínima para este efecto será de 20000 litros y la máxima de 100000 litros.

#### **4.2.7. Sistema de protección con rociadores de agua**

Este sistema consiste, básicamente, en una red de tuberías colocadas inmediatamente abajo del techo, expuestas o cubiertas por falso plafón, alimentada a presión y en la que se instalan, a intervalos regulares, una serie de rociadores diseñados para abrirse por la acción de la temperatura circundante. Al abrirse el rociador produce una descarga de agua en forma de rocío, muy abundante, sobre el material que produce el calor.

##### **a. Tipos de sistema**

- Sistema húmedo. En este tipo de sistema toda la tubería se mantiene llena de agua a presión y se usa normalmente, en localidades en donde la temperatura del aire nunca llena a ser tan baja que pueda congelar el agua de la tubería.
- Sistema seco. En estos sistemas la tubería se mantiene llena de aire comprimido hasta una válvula de retención especial, cuya función es dejar pasar el agua en el momento en que baje la presión del aire dentro de la tubería al abrirse cualquier rociador del sistema por efecto del calor. Este tipo de sistemas se utiliza en aquellos lugares en donde por el clima frío puede congelarse el agua de la tubería, y debe tenerse cuidado especial en proteger de la congelación a la válvula de retención especial.

##### **b. Tipos de rociadores**

Se toma en cuenta la posición de la instalación del rociador para clasificarlos en cuatro tipos.

- Ascendente. El deflector se encuentra en la parte superior de la tubería.

- Descendente. El deflector está abajo de la tubería
- De techo. Con el deflector abajo del falso plafón que cubre la tubería.
- De pared. El deflector está diseñado para emitir el rocío hacia el lado contrario a la pared más cercana a su colocación.

**c. Red de distribución de agua a los rociadores**

Configuración geométrica de la red y localización de rociadores. Para el trazo de la configuración geométrica de la red se deben tomar en cuenta las recomendaciones siguientes:

- En zonas de riesgo la máxima distancia permisible entre los ramales y los rociadores de cada ramal será de 4.5 metros.
- En zonas de riesgo medio, la máxima distancia permisible entre los ramales y entre los rociadores de cada ramal será de 4.5 metros, excepto en zonas de estibas altas, en que la separación máxima entre los ramales y entre los rociadores de cada ramal será de 3.6 metros.
- En zona de riesgo alto, la máxima distancia permisible entre los ramales y entre los rociadores de cada ramal será de 3.6 metros.

**d. Área de protección por rociadores.**

- En zonas de riesgo bajo el área de protección por rociador no debe exceder de 15 metros cuadrados.
- En zonas de riesgo medio el área de protección por rociador no debe exceder de 12 metros cuadrados, excepto en áreas de estibas altas, en las que el área de protección por rociador no debe exceder de 9 metros cuadrados.
- En zonas de riesgo alto el área de protección por rociador no debe exceder de 8 metros cuadrados.

**4.2.8. Sistemas de distribución**

**a. Tuberías**

- Las tuberías deben resistir sin deformación las temperaturas esperadas. Las tuberías de Hierro y acero deben estar de preferencia, galvanizadas por dentro y por fuera. La tubería de hierro negro puede usarse en atmósferas no corrosivas. Materiales o recubrimientos especiales resistentes a la corrosión pueden requerirse en atmósferas muy corrosivas. Debido a las bajas temperaturas que se tienen durante la descarga las tuberías y conexiones que se usen deben tener características apropiadas para uso en bajas temperaturas.
- En sistemas de alimentación a alta presión, la tubería y conexiones deben tener una presión de ruptura mínima de 352 Kg/cm<sup>2</sup>. En el caso de tuberías de acero, las de cédula 40 deben usarse hasta 19 mm de diámetro, y la cédula 80 deber usarse para diámetros de 25 mmm o mayores.
- En sistemas de alimentación a baja presión, la tubería y conexiones deben tener una ruptura mínima de 127 Kg/cm<sup>2</sup>. En el caso de tubería de acero se



recomienda que para tuberías bajo presión continua se use cédula 80 con conexiones de acero forjado. La tubería entre la válvula maestra y las válvulas selectoras debe ser cédula 80 usando conexiones roscadas de hierro maleable, para una presión de trabajo de  $21.1 \text{ Kg/cm}^2$  ( $300 \text{ lbs/pulg}^2$ ), o bien tubería y conexiones de acero soldable cédula 40. Los tramos de tubería que descarguen libremente a la atmósfera pueden ser de cédula 40 con conexiones roscadas forzadas de hierro maleable.

#### **b. Accesorios**

- Válvulas de alivio de presión. En los sistemas en donde por la localización de las válvulas de seccionamiento se tengan tramos de tubería que estén "cerrados", debe equiparse con dispositivos de alivio de presión, o las válvulas de seccionamiento deben estar diseñadas para evitar que se quede atrapado bióxido de carbono líquido. Los dispositivos de alivio de presión deben operar en  $169$  y  $211 \text{ Kg/cm}^2$  en los sistemas alimentados a alta presión y a  $31.6 \text{ Kg/cm}^2$  en los sistemas alimentados a baja presión. Los dispositivos de alivio de presión deben localizarse de tal forma que la descarga de  $\text{CO}_2$  no dañe al personal.
- Válvulas. Todas las válvulas deben ser las indicadas para el uso propuesto especialmente en lo que respecta a su capacidad de flujo de operación. Deben usarse solamente para las temperaturas y otras condiciones para las que fueron aprobadas.
  - Las válvulas usadas en los sistemas con almacenamiento a alta presión y que están bajo presión constante deben tener una presión de ruptura de  $422 \text{ Kg/cm}^2$ , en tanto que las que no están bajo presión constante deben tener una presión mínima de ruptura de  $352 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - Las válvulas usadas en sistemas que usen almacenamiento a baja presión deben resistir una presión de prueba hidrostática de  $126.6 \text{ Kg/cm}^2$  sin deformación permanente.
  - En el cálculo de la longitud equivalente de las válvulas de cilindro se debe considerar el tubo del sifón, la válvula, la presión de descarga y el conector flexible.

#### **4.2.9. Cálculos**

Para el cálculo de la red se debe establecer en primera medida criterios de diseño como son los principios de mecánica de fluidos en donde en primera instancia deben determinarse caudales de bombeo en las distintas líneas que componen la red, así como el dimensionamiento de un sistema de tanque de almacenamiento de agua para la red contra incendio (RCI). A continuación se presentaran las distintas fórmulas y tablas a tener en cuenta para realizar un cálculo hidráulico preliminar.

#### **a. Ecuación general de la energía**

Teniendo en cuenta la naturaleza del diseño, es necesario aplicar conceptos y cálculos numéricos a través del teorema de Bernoulli: que describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la energía al flujo de fluidos en tuberías. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario, fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica (Energía Potencial), la altura debida a la presión (Energía de Presión) y la altura debida a la velocidad (Energía Cinética), es decir:

$$H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

Dónde:

H = Energía total en un punto

Z = Energía Potencial

P = Energía de presión

$\gamma$  = Peso Específico del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

V<sup>2</sup> = Energía Cinética

g = Aceleración de la gravedad = 9.8 m/seg<sup>2</sup>

Características y consecuencias

Cada uno de los términos de esta ecuación tienen unidades de longitud, y a la vez representan formas distintas de energía; en hidráulica es común expresar la energía en términos de longitud, y se habla de altura o cabezal, esta última traducción del inglés head. Así en la ecuación de Bernoulli los términos suelen llamarse alturas o cabezales de velocidad, de presión y cabezal hidráulico, del inglés hydraulic head; el término z se suele agrupar con  $P / \gamma$  para dar lugar a la llamada altura piezométrica o también carga piezométrica.

Cabezal o altura hidráulica		altura o carga piezométrica		cabezal de velocidad
$H$	=	$Z + \frac{P}{\gamma}$	+	$\frac{V^2}{2g}$
		Cabezal de presión		

Debido a que existen pérdidas y/o incrementos de energía, estos se deben incluir en la ecuación de Bernoulli. Por lo tanto el balance de energía para dos puntos de fluido, considerando las pérdidas por rozamiento (hf) se escribe de la siguiente forma:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf \quad (2)$$

Para aplicar la ecuación se deben realizar los siguientes supuestos:

- Viscosidad (fricción interna) = 0 Es decir, se considera que la línea de corriente sobre la cual se aplica se encuentra en una zona 'no viscosa' del fluido.
- Caudal constante
- Flujo incompresible, donde  $\rho$  es constante.
- La ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente o en un flujo rotacional

## b. Tipos de flujos

Existen dos tipos de flujos dentro de una tubería:

- Flujo Laminar: Es aquel en que sus partículas se deslizan unas sobre otras en forma de láminas formando un perfil de velocidades simétrico y en forma de parábola.
- Flujo Turbulento: Es aquel cuyas partículas se deslizan en forma desordenada.

En ambos casos la velocidad en el perfil de velocidades, varía de una máxima (en la zona central) a una mínima (en la zona de contacto con las paredes del tubo).

Osborne Reynolds, dedujo que el régimen de flujo en tuberías depende de los cuatro factores siguientes:

- Diámetro de la tubería ( $D=m$ )
- Densidad del fluido ( $\rho = \text{gr/cm}^3$ )
- Viscosidad (absoluta ( $\mu$ ) en centipoise o cinemática ( $\nu$ ) en  $\text{m}^2/\text{seg}$ )
- Velocidad del flujo ( $V=m/\text{seg}$ ).

Combinando estos cuatro valores Reynolds obtuvo la ecuación siguiente:

$$Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{D \cdot V}{\frac{\mu}{\rho}} = \frac{D \cdot V}{\nu} \quad (3)$$

Dónde:

D: diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema

V: velocidad característica del fluido

$\rho$ : densidad del fluido

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido

$\nu$ : viscosidad cinemática del fluido

### c. Fricción en tuberías

Las pérdidas de energía que sufre un fluido, en su trayectoria dentro de una tubería debido a la fricción de este con las paredes de la misma, así como también, las pérdidas causadas por los cambios de dirección, contracciones y expansiones a todo lo largo de una red de distribución. La pérdida de energía de un fluido dentro de una tubería, se expresa como pérdida de presión o pérdida de carga en el mismo.

### d. Cálculo de pérdidas de carga por fricción en tubería

Como primera medida, iniciamos el cálculo teniendo en cuenta el método para calcular perdidas más completas, de esta manera se busca obtener cálculos precisos y detallados, de esta manera se usa la expresión de DARCY-WEISBACH, que fue definida experimentalmente:

$$\Delta P = f \left( \gamma \cdot \frac{V^2}{2g} \right) \frac{L}{D} \quad (4)$$

Dónde:

$\Delta P$ : pérdida de carga ( $\text{Kg/m}^2$ )

f: factor de fricción (adimensional)

$\gamma$ : peso específico del fluido ( $\text{Kg/m}^3$ )

g: aceleración de la gravedad ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

L: longitud de la tubería (m)

D: diámetro de la tubería (m)

Una de las fórmulas más exactas para cálculos hidráulicos es la de Darcy-Weisbach. Sin embargo por su complejidad en el cálculo del coeficiente "f" de fricción ha caído en desuso. Aun así, se puede utilizar para el cálculo de la pérdida de carga en tuberías de fundición. La fórmula original es:

$$h = f(L/D)(V^2/2g) \quad (5)$$

En función del caudal la expresión queda de la siguiente forma:

$$h = 0,0826 * f * \frac{Q^2}{D^5} * L \quad (6)$$

Dónde:

h: pérdida de carga o de energía (m)

f: coeficiente de fricción (adimensional)

L: longitud de la tubería (m)

D: diámetro interno de la tubería (m)

v: velocidad media (m/s)

g: aceleración de la gravedad ( $\text{m/s}^2$ )

Q: caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

El coeficiente de fricción f es función del número de Reynolds (Re) y del coeficiente de rugosidad o rugosidad relativa de las paredes de la tubería ( $\epsilon_r$ ):

$$f = f(\text{Re}, \epsilon_r); \quad \text{Re} = D \cdot v \cdot \rho / \mu; \quad \epsilon_r = \epsilon / D$$

- $\rho$ : densidad del agua ( $\text{kg/m}^3$ ).<sup>1</sup>
- $\mu$ : viscosidad del agua ( $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$ ).<sup>2</sup>
- $\epsilon$ : rugosidad absoluta de la tubería (m)

#### e. **Perdidas de presión en válvulas y conexiones**

Cuando un fluido se desplaza uniformemente por una tubería recta, larga y de diámetro constante, la configuración del flujo indicada por la distribución de la velocidad sobre el diámetro de la tubería adopta una forma característica. Cualquier obstáculo en la tubería cambia la dirección de la corriente en forma total o parcial, altera la configuración característica de flujo y ocasiona turbulencia, causando una pérdida de energía mayor de la que normalmente se produce en un flujo por una tubería recta, ya que las válvulas y accesorios en una línea de tubería alteran la configuración de flujo, producen una pérdida de presión adicional la cual se puede determinar por:

$$hf = \frac{KV}{2g} \quad (7)$$

Dónde:

hf = Caída de presión (m)

K = Coeficiente de resistencia según el tipo específico de válvula o conexión.

En aquellas edificaciones consideradas como comunes, en las cuales se tienen 1 ó 2 montantes, las pérdidas por fricción podrán ser consideradas como el 10 % de la altura del edificio más 5.7 metros para cubrir las pérdidas en la tubería horizontal al final del tramo.

En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de la regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el caudal de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.

El cuerpo de la válvula contiene en su interior el obturador y los asientos y está provisto de rosca o de bridas para conectar la válvula a la tubería. El obturador es quien realiza la función de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje o bien tener un movimiento rotativo. Esta unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por el servomotor.

## 5. METODOLOGIA

Para la ejecución del propósito general del diseño, se realizarán una serie de etapas, las cuales se tomarán como punto de referencia al momento de realizar el proyecto mencionado.

1. **ETAPA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN:** Recopilación de planos estructurales del colegio Rodrigo Lara Bonilla I.E.D., Plan Escolar para la Gestión de Riesgo y normas NFPA 13, NFPA 20, NFPA 25 y NFPA 70,
2. **ETAPA DE RECONOCIMIENTO Y DIAGNOSTICO:** Reconocimiento de las instalaciones del COLEGIO RODRIGO LARA BONILLA I.E.D., analizando las condiciones físicas del lugar, teniendo en cuenta las locaciones, diseño arquitectónico y análisis estructural de la edificación, para establecer las limitaciones y posibles fallas en cuanto a protección contra incendio que tienen en la actualidad.
3. **ETAPA DE DISEÑO CONCEPTUAL:** Selección espacial de la red y se iniciarán los cálculos hidráulicos pertinentes (cálculo de tuberías, criterio de selección de bombas y cuarto de control).
4. **ETAPA DE DISEÑO EN DETALLE:** Ya definidos los cálculos hidráulicos se realizará la selección de los elementos estandarizados por la norma NFPA, como también la distribución de los mismos. También se procederá a realizar los planos de diseño final, para ponerlos a conocimiento y consideración del COLEGIO RODRIGO LARA BONILLA I.E.D.
5. **ETAPA DE ELABORACION DE DOCUMENTOS FINALES:** Se realizará la memoria de cálculos hidráulicos y los planos estructurales (red hidráulica y planos eléctricos), que se recopilarán en un documento el cual será presentado y entregado a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, y al colegio RODRIGO LARA BONILLA I.E.D.

## 6. CRONOGRAMA

ETAPA	ACTIVIDAD	DURACION (SEMANAS)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
RECOPIACION DE INFORMACION	Visita a las instalaciones del colegio RODRIGO LARA BONILLA I.E.D.	■	■	■	■	■	■	■	■								
	Recopilación de planos, normas NFPA aplicables y Plan Escolar para la Gestión de Riesgo.	■	■	■	■	■	■	■	■								
RECONOCIMIENTO Y DIAGNOSTICO	Revisión y confrontación de planos arquitectónicos.			■	■	■											
	Análisis preliminar.			■	■	■											
	Diagnóstico de distribución locativa.			■	■	■											
DISEÑO CONCEPTUAL	Análisis estructural.					■	■	■	■	■							
	Cálculos hidráulicos (caudales y presiones de aguas).					■	■	■	■	■							
	Cálculos de tubería y pérdidas del sistema.					■	■	■	■	■							
	Selección de tuberías, válvulas, accesorios y bombas de acuerdo a las normas NFPA.					■	■	■	■	■							
DISEÑO EN DETALLE	Elaborar planos correspondientes.								■	■	■	■					
	Estimación de cantidades de material y costos.								■	■	■	■					
DOCUMENTOS FINALES	Elaboración de documento previo para consideración de tutor y jurados.											■	■	■	■	■	■
	Elaboración de documento final.											■	■	■	■	■	■
	Presentación de proyecto a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y al colegio Rodrigo Lara Bonilla I.E.D.											■	■	■	■	■	■

## 7. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Presupuesto General Proyecto		
Duración estimada en meses	4	
Semanas	16	
Descripción	Costo asociado	Fuentes de financiación
Recurso Humano Asociado	\$ 15.683.832	
2 Autores del proyecto	\$ 14.958.720	Personal
2 Director o tutor	\$ 249.312	Institucional
1 Apoyo técnico	\$ 75.800	Personal
0 Apoyo administrativo	\$ -	
1 Asesor	\$ 2.572.100	
Software o equipo de apoyo	\$ 2.625.000	
Gastos Generales	\$ 407.000	
Diseño Prototipo	\$ -	
Condiciones específicas	\$ 550.000	Personal
Subtotal	\$ 19.265.832	
5% Imprevistos	\$ 963.292	

Descripción	Cantidad de personas	Dedicación semanal	Valor Hora	Costo personal
	Numero	Horas	Pesos	Pesos
Autores del proyecto	2	30	\$ 15.582	\$ 14.958.720
Director o tutor	1	1	\$ 15.582	\$ 249.312
Apoyo técnico	1	1	\$ 7.580	\$ 75.800
Apoyo administrativo	-	-	-	\$ 0
Asesor	1	2	\$ 20.000	\$ 400.000
				\$ 15.683.832



Generales	Detalle	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total
Fotocopias	Varias		1200	\$ 40	\$ 48.000
Planos	Planos Arquitectónicos		4	\$ 15.000	\$ 60.000
Horas de taller			0		\$ -
Horas de laboratorio			0		\$ -
Impresión de planos			8	\$ 15.000	\$ 120.000
Impresión documentos			3	\$ 15.000	\$ 45.000
Suministros de oficina	Varios			\$ 100.000	\$ 100.000
Transportes	Adicionales		20	\$ 1.700	\$ 34.000
<b>Gastos Generales asociados al proyecto</b>					<b>\$ 407.000</b>

Software	Detalle	Costo referencia	% Uso	Costo Uso	Total
Licencia 1	Office	\$ 100.000	85%	\$ 85.000	\$ 680.000
Licencia 2	AutoCAD	\$ 250.000	95%	\$ 237.500	\$ 1.900.000
Licencia 3			1%	\$ -	\$ -
Licencia 4			1%	\$ -	\$ -
Digitación 1			100%	\$ -	\$ -
Digitación 2			100%	\$ -	\$ -
Computador		\$ 20.000	100%	\$ 20.000	\$ 20.000
Suministros de computador			100%	\$ -	\$ -
Internet		\$ 25.000	100%	\$ 25.000	\$ 25.000
<b>Costos de licencias, conexión y computador</b>					<b>\$ 2.625.000</b>

Condiciones específicas	Detalle	Referencia	% Uso	Costo Uso	Total
Ensayos de laboratorio			-	\$ -	\$ -
Normas Técnicas	Normas NFPA	\$ 250.000	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Equipos especiales			-	\$ -	\$ -
Depreciación equipos			25%	\$ -	\$ -
Licencias y permisos		\$ 300.000	1	\$ 300.000	\$ 300.000
<b>Costos especiales al proyecto</b>					<b>\$ 550.000</b>

## TABLA DE ECUACIONES

1. Altura de energía.....	18
2. Balance de energía para dos puntos de fluido.....	19
3. Régimen de flujo en tuberías.....	20
4. Pérdida de carga.....	20
5. Pérdida de carga en tuberías de fundición.....	21
6. Pérdida de carga en función del caudal.....	21
7. Pérdidas de presión en válvulas y conexiones.....	22

## BIBLIOGRAFÍA

1. National Fire Protection Association, NFPA 13: Norma para la instalación de sistemas de rociadores. (edición 2007). 375 p.
2. National Fire Protection Association, NFPA 20: Standard for the Installation Pumps for fire Protection. (edición 1999). 90 p.
3. National Fire Protection Association, NFPA 25; Testing and Maintenance of Water based fire Protection Systems. (edición 2002). 127 p.
4. Norma Técnica Colombiana NTC 4595 (Ingeniería Civil y Arquitectura Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares). (edición 2006). 45 p.
5. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de la Secretaría de Gobierno; Guía para elaboración del Plan Escolar para la Gestión del Riesgo. 35 p.
6. FARRAS, Luis E. Criterios de Diseño, Cálculo y Selección de Tuberías: Madrid, Marzo de 2007. 82 p.
7. Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y Contra Incendios. [en línea]. Capítulo 4. [consultado el 17 de Septiembre de 2011 ] Disponible en <[http://www.obras.unam.mx/normas/proy\\_ing\\_ing\\_elec/hidrauli/incend.html](http://www.obras.unam.mx/normas/proy_ing_ing_elec/hidrauli/incend.html)>
8. SISTEMAS HIDRONEUMATICOS C.A. Manual De Procedimiento Para El Cálculo Y Selección De Sistemas De Bombeo. [en línea]. Capítulo 1. [consultado el 02 de Octubre de 2011]. Disponible en <<http://www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf>>