

**PRACTICA EMPRESARIAL CONSISTENTE EN EL APOYO TECNICO A LA OFICINA  
DE PLANTA FISICA, EN EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE RED  
HIDRÁULICA Y CONTRAINCENDIO DE LA UIS.**

**GERARDO GONZALEZ ARDILA**

**BENJAMIN VERA CAICEDO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2005**

**PRACTICA EMPRESARIAL CONSISTENTE EN EL APOYO TECNICO A LA OFICINA  
DE PLANTA FISICA, EN EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE RED  
HIDRÁULICA Y CONTRAINCENDIO DE LA UIS.**

**GERARDO GONZALEZ ARDILA**

**BENJAMIN VERA CAICEDO**

**Trabajo de grado realizado en la modalidad de Práctica Empresarial como requisito  
para optar al titulo de Ingeniero Civil**

**Director**

**JORGE ALBERTO GUZMÁN**

**Ingeniero Civil, Master en ing. Civil**

**Tutor**

**CARLOS ALONSO CAMARGO MANTILLA**

**Ingeniero civil, esp. Gerencia proyectos, esp. SIG, UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2005**

*A mis padres, quienes han luchado para hacer de mí un ser humano  
integral, todo lo que soy se lo debo a ellos.  
A mis hermanos quienes siempre han creído en mí y son el mayor  
orgullo que tengo.  
A la persona que me enseñó que las cosas no se mendigan, se exigen  
por merecimiento.  
Gracias a Dios por darme la fortaleza de seguir adelante.  
Y a la vida que me ha brindado la oportunidad de crecer al lado de  
personas tan maravillosas.*

G.G.A.

*A Dios, quien me permitió llegar a este momento por medio de su  
esperanza y sabiduría.  
A mis padres por su paciencia, entrega y dedicación.  
A mi hermano quien me motivo y apoyo hasta el fin.  
A mis familiares por su colaboración y apoyo.  
A todos aquellos que me acompañaron y que de alguna u otra  
manera contribuyeron para que este proyecto saliera adelante y se  
hiciera realidad.*

B.V.C

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A la Universidad Industrial de Santander, nuestra alma mater.

Ingeniero Carlos Alonso Camargo Mantilla, tutor de la práctica, por su confianza, dedicación y visión de la vida.

Ingeniero Jorge Alberto Guzmán, Director de proyecto, por sus oportunos aportes y direccionamientos.

División de Planta Física de la UIS, siempre atentos a la colaboración y abiertos al dialogo.

A todos los maestros que tuvieron la amabilidad de enseñarnos lo amplio que es el conocimiento.

A todos los estudiantes que han trabajado arduamente en sus proyectos de grado.

## TABLA DE CONTENIDO

1	DIVISION DE PLANTA FISICA.....	2
2	EVALUACION POST CONSTRUCCION DE LA RED HIDRAULICA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UIS .....	4
2.1	Red hidráulica.....	4
2.2	Generalidades de la red hidráulica.....	5
2.3	Especificaciones técnicas.....	6
2.4	Parámetros utilizados en el diseño.....	7
2.4.1	Velocidad.....	7
2.4.2	Coeficiente de rugosidad.....	7
2.4.3	Población y dotación.....	7
2.4.3.2	Población existente.....	8
2.4.3.3	Estimación de la población para el horizonte de diseño.....	8
2.4.3.4	Dotación.....	9
2.5	Reconocimiento de la red.....	9
2.6	Levantamiento topográfico.....	10
2.6.1	Trabajo de campo.....	10
2.6.2	Error de cierre angular.....	13
2.6.3	Trabajo de oficina.....	14
2.6.4	Compensación de los ángulos.....	15
2.6.5	Calculo de rumbos o acimut preliminares.....	15
2.6.6	Calculo de proyecciones.....	15
2.6.7	Errores de cierre y ajuste de proyecciones.....	16
2.6.8	Coordenadas rectangulares.....	17
2.6.9	Error de cierre lineal y precisión relativa.....	17
2.7	Digitalización de planos.....	18
2.8	Manual de mantenimiento de la red hidráulica.....	19
2.9	Simulación por medio de software EPANET.....	19
2.9.1	Uso y funcionamiento de EPANET.....	20
2.9.2	Descripción y características.....	20
2.9.3	Descripción de la red.....	21
2.10	Evaluación post construcción de la red.....	22

2.10.1	Resultados del análisis .....	23
2.10.1.1	Estado de proyección al 2005 de la red.....	23
2.10.1.2	Estado actual de la red ante un evento de incendio .....	25
2.10.1.3	Resultados de la red para el periodo de diseño.....	26
2.10.1.4	Resultados de la red para el periodo de diseño ante un evento de incendio	28
2.10.1.5	Validación de la simulación.....	29
2.10.1.6	Recomendaciones sobre la red Hidráulica .....	35
MARCO TEORICO.....		37
3	TEORIA DEL FUEGO .....	37
3.1	El triángulo del fuego.....	38
3.2	El tetraedro del fuego. ....	39
3.3	Productos de la combustión y sus efectos sobre la seguridad de las personas	40
3.3.1	Gases de la combustión. ....	40
3.3.2	Calor. ....	42
3.3.3	Humo .....	43
3.4	Teoría del control del fuego y de las explosiones.....	43
3.4.1	Extinción por enfriamiento. ....	44
3.4.2	Extinción por dilución de oxígeno. ....	44
3.4.3	Extinción por eliminación del combustible.....	45
3.4.4	Extinción por inhibición química de la llama. ....	46
3.5	Clasificación del fuego.....	47
4	ANALISIS DEL RIESGO Y VULNERABILIDAD DE INCENDIO EN LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UIS.....	48
4.1	Selección de las edificaciones a estudiar y análisis del riesgo utilizando las especificaciones obtenidas de la normatividad.....	49
4.2	Revisión de los criterios importantes a tener en cuenta para la inspección visual y global realizada en los edificios. ....	51
4.2.1	Niveles de vulnerabilidad .....	53
4.2.2	Evaluación de la vulnerabilidad .....	54
4.3	Inspección de vulnerabilidad .....	55
4.3.1	Reseña de la inspección de vulnerabilidad .....	55

4.4	Análisis de los resultados de la vulnerabilidad, conclusiones, recomendaciones y priorización de los edificios.....	56
4.4.1	Conclusiones del estudio de Vulnerabilidad .....	58
4.4.2	Recomendaciones del estudio de vulnerabilidad .....	59
5	PREDISEÑO DE LA RED HIDRAULICA INTERNA CONTRA INCENDIOS .....	66
5.1	Edificaciones.....	66
5.2	Parámetros de diseño según el AMB .....	67
5.2.1	Consideraciones de diseño .....	68
5.2.1.1	Gabinetes contra incendio .....	69
5.2.1.2	Válvula siamesa .....	69
5.2.1.3	Especificaciones de las tuberías del sistema contra incendio .....	69
5.2.1.4	Almacenamiento .....	71
5.2.1.5	Sistema de bombeo .....	71
5.2.1.6	Pruebas al sistema contra incendio .....	71
5.2.1.7	Señalización y seguridad .....	71
5.3	Prediseño de la red hidráulica .....	73
5.3.1	Laboratorio de livianos.....	74
5.3.2	Laboratorio de investigaciones y postgrados.....	79
5.3.3	Tanque de almacenamiento .....	83
5.3.4	Análisis de resultados.....	83
5.3.5	Simulación .....	84
5.3.6	Presupuesto global de red hidráulica interna contra incendio para los edificios de Laboratorio de livianos y Laboratorio de investigaciones y postgrados .....	85
6	CONCLUSIONES .....	89
	BIBLIOGRAFÍA .....	91

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Inventario red hidráulica de la UIS.....	22
Tabla 2.	Comparación de presiones comunes en la red. ....	31
Tabla 3.	Comparación de presiones más bajas en la red.....	31
Tabla 4.	Comparación de presiones más altas en la red.....	32
Tabla 5.	Identificación del riesgo .....	49
Tabla 6.	Criterios de evaluación de la vulnerabilidad de incendio .....	52
Tabla 7.	Vulnerabilidad de incendio.....	54
Tabla 8.	Riesgo y Vulnerabilidad inicial y final.....	57
Tabla 9.	Recomendaciones específicas .....	61
Tabla 10.	Edificaciones priorizadas para el prediseño de la red contra incendios .....	66
Tabla 11.	Requerimientos sistema contra incendios Clase III .....	72
Tabla 12.	Diseño contra incendios Laboratorio Livianos .....	78
Tabla 13.	Diseño contra incendios Laboratorio Investigaciones y Postgrados.....	79
Tabla 14.	Resistencia requerida al fuego (en horas).....	123
Tabla 15.	Espesor mínimo para muros corta fuego.....	124
Tabla 16.	Clasificación del material según la propagación de la llama .....	125
Tabla 17.	Requisitos para los acabados interiores.....	126
Tabla 18.	Requisitos para distancias de recorrido.....	131
Tabla 19.	Requisitos de carga de ocupación y capacidad de las salidas.....	135
Tabla 20.	Número mínimo de salidas .....	136
Tabla 21.	Requisitos de las escaleras .....	139
Tabla 22.	Requisitos de rampas .....	140
Tabla 23.	Requisitos de las señales de evacuación.....	144
Tabla 24.	Elemento extintor apropiada según la clase de incendio.....	147
Tabla 25.	Distribución de extintores para fuegos de clase A.....	149
Tabla 26.	Distribución de extintores para fuegos de clase B.....	149
Tabla 27.	Requisitos de las señales de extintores .....	150
Tabla 28.	Requisitos de las señales de gabinetes .....	156
Tabla 29.	Distribución normal de hidrantes .....	160
Tabla 30.	Clasificación de colores de los hidrantes.....	161
Tabla 31.	Parámetro de diseño norma ICONTEC 1669 .....	161

Tabla 32.	Parámetro de diseño norma Acueducto Metropolitano de Bucaramanga ....	162
Tabla 33.	Parámetro de diseño norma NFPA 14.....	162
Tabla 34.	Diámetro de tubería según el número de rociadores.....	163
Tabla 35.	Área Máxima cubierta por un rociador.....	164
Tabla 36.	Parámetros de diseño norma NFPA 13.....	166

## INDICE DE IMÁGENES

Figura 1.	Ubicación de la poligonal 1 en el campus universitario .....	11
Figura 2.	Ubicación de la poligonal 2 en el campus universitario .....	12
Figura 3.	Ubicación de la poligonal 3 en el campus universitario .....	12
Figura 4.	Estado actual de la red .....	23
Figura 5.	Estado actual ante escenario de incendio .....	25
Figura 6.	Periodo de diseño .....	27
Figura 7.	Figura4. Periodo de diseño ante escenario de incendio.....	28
Figura 8.	Presiones en la red para el día martes.....	32
Figura 9.	Presiones en la red para el día jueves .....	33
Figura 10.	Presiones en la red mas comunes.....	33
Figura 11.	Datos de consumo medidos .....	34
Figura 12.	Triangulo del fuego .....	39
Figura 13.	Tetraedro de fuego .....	39
Figura 14.	Porcentajes de importancia .....	53
Figura 15.	Detalles gabinete tipo III y válvula siamesa .....	70
Figura 16.	Avance del deterioro del ambiente en función de la progresión de un incendio. 95	
Figura 17.	Representación esquemática de los productos de combustión que influyen sobre el proyecto de edificios.....	106
Figura 18.	Ramas principales del árbol de decisiones de la seguridad contra incendios. 115	
Figura 19.	Localización recomendada de un detector .....	167
Figura 20.	Montaje correcto de detectores. ....	167

## INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD HUMANA EN EDIFICIOS ..... 94
- ANEXO 2. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO DE EDIFICIOS ..... 102
- ANEXO 3. ESTUDIO E INTERPRETACION DE LAS NORMAS..... 121
- ANEXO 4. FORMATOS ..... 168
- ANEXO 5. PLANOS ..... 171

## GLOSARIO

**Accesorios** Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees etc.

**Acometida** Derivación de la red local de acueducto que llega hasta el registro de rueda en el punto de empate con la instalación interna del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

**Actividad crítica** Es una actividad tal que si hay una demora en su comienzo entonces causará una demora en la terminación del proyecto.

**Agente extintor** Sustancia (en polvo, líquido o gas) capaz de extinguir un fuego.

**Agua potable** Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua.

**Almacenamiento** Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

**Altura dinámica total** Energía suministrada por una bomba a un flujo en tuberías, expresada en términos de cabeza, obtenida como la suma de la altura estática en la succión, de las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores en la succión y en la impulsión, y de la presión requerida al final de la línea de impulsión.

**Anclaje** Apoyo que soporta los empujes ocasionados por el cambio de dirección en una tubería sometida a presión interna.

**Barrera de fuego** Membrana continua, vertical u horizontal, que es diseñada y construida con un valor específico de resistencia al fuego para limitar la propagación del fuego y también restringir el movimiento del humo.

**Barrera de humo** Membrana continua, vertical u horizontal, que es diseñada y construida para restringir el movimiento de humo. Una barrera de humo puede o no tener un valor de resistencia al fuego.

**Cabeza de presión** Presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua, obtenida como la razón entre la magnitud de la presión y el peso específico del agua.

**Carga combustible** El peso de combustibles en un área de fuego o en un piso, incluyendo otros contenidos o partes del edificio, o ambos.

**Caudal de diseño** Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

**Caudal de incendio** Parte del caudal en una red de distribución destinado a combatir los incendios.

**Caudal máximo diario** Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

**Caudal máximo horario** Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

**Caudal medio diario** Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

**Coefficiente de consumo máximo horario** Relación entre el consumo máximo horario y el consumo medio diario.

**Coefficiente de pérdida menor** Medida de las pérdidas de energía que se producen por el paso del flujo en un accesorio o estructura, y que es factor de la cabeza de velocidad.

**Coefficiente de rugosidad** Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

**Conducción** Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

**Costo directo** Es la suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

**Costo indirecto** Es la suma de gastos técnico – administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

**Curvas características** Curvas que definen el comportamiento de una bomba mostrando el rango de caudales de operación contra la altura dinámica total, la potencia consumida, la eficiencia y la cabeza neta de succión positiva.

**Diámetro nominal** Es el número con el cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, aunque su valor no coincida con el diámetro real interno.

**Diámetro real** Diámetro interno de una tubería determinado con elementos apropiados.

**Dotación** Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

**Fugas** Cantidad de agua que se pierde en un sistema de acueducto por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y los accesorios.

**Hidrante** Elemento conectado a la red de distribución que permite la conexión de mangueras especiales utilizadas en la extinción de incendios.

**Identificación de peligros** Proceso mediante el cual se reconoce que existe un peligro y se definen sus características.

**Línea de energía** Línea o elevación obtenida como la suma de la cabeza de presión, la cabeza de velocidad y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.

**Línea piezométrica** Línea o elevación obtenida de la suma de la cabeza de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.

**Optimización** Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

**Peligro de fuego** Cualquier situación, proceso, material, o condición que puede causar un fuego o explosión o puede proporcionar un suministro de combustible para aumentar la propagación o intensidad de un fuego o explosión y que plantea una amenaza a la vida o la propiedad.

**Pérdidas menores** Pérdida de energía causada por accesorios o válvulas en una conducción de agua.

**Pérdidas por fricción** Pérdida de energía causada por los esfuerzos cortantes del flujo en las paredes de un conducto.

**Período de diseño** Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo.

**Población de diseño** Población que se espera atender por el proyecto, considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el período de diseño.

**Presión dinámica** Presión que se presenta en un conducto con el paso de agua a través de él.

**Presión estática Presión** En un conducto cuando no hay flujo a través de él.

**Presión nominal** Presión interna máxima a la cual puede estar sometida una tubería, considerando un factor de seguridad, y que es dada por el fabricante según las normas técnicas correspondientes.

**Presupuesto** Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla

**Prevención** Es el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas con el fin de evitar o disminuir los riesgos.

**Protección** Medidas y acciones tomadas para prevenir o minimizar la pérdida por fuego, incendio provocado, vandalismo, robo, y peligros similares a las personas y la propiedad.

**Red de distribución** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

**Red matriz** Parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de compensación a las redes secundarias. La red primaria mantiene las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema, y generalmente no reparte agua en ruta.

**Red menor de distribución** Red de distribución que se deriva de la red secundaria y llega a los puntos de consumo.

**Red secundaria** Parte de la red de distribución que se deriva de la red primaria y que distribuye el agua a los barrios y urbanizaciones de la ciudad y que puede repartir agua en ruta.

**Riesgo de fuego** Un riesgo de fuego simplemente es la probabilidad de que un peligro se desate.

**Rociadores** Sistema de boquillas expulsoras de un agente extintor que, por disparo manual o automático, protegen una determinada zona contra incendios.

**Ruta crítica** Es una cadena de actividades críticas, es una ruta que identifica todas las actividades críticas del proyecto.

**Sedimentación** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

**Tipo de usuario** Diferentes clases de usuarios que pueden existir a saber: residenciales, industriales, comerciales, institucionales y otros.

**Tubería** Ducto de sección circular para el transporte de agua.

**Usuario** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le conoce también como consumidor.

**Válvulas de sectorización** Son dispositivos que cierran el paso del agua en las tuberías de distribución, con el fin de sectorizar la red. Usualmente son válvulas de compuerta con vástago fijo o válvulas mariposa con mecanismo de reducción de velocidad de cierre para evitar golpe de ariete.

**Vida útil** Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

**Zona de presión de la red de distribución** Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites prefijados.

## RESUMEN

### TÍTULO:

**PRACTICA EMPRESARIAL CONSISTENTE EN EL APOYO TECNICO A LA OFICINA DE PLANTA FISICA, EN EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE RED HIDRÁULICA Y CONTRA INCENDIO DE LA UIS\***

### AUTORES:

GONZALEZ ARDILA, Gerardo  
VERA CAICEDO, Benjamín\*\*

### PALABRAS CLAVES

Red distribución, Evaluación de redes, red hidráulica, Mantenimiento de redes hidráulicas, EPANET, Vulnerabilidad y Riesgo de Incendio, sistemas contra incendio.

### DESCRIPCIÓN

La Universidad Industrial de Santander en su papel de institución pública que busca el desarrollo tanto técnico como profesional, se ha visto impulsada en implementar la evaluación técnica post construcción al proyecto de la red hidráulica, debido a los cambios efectuados con respecto a su diseño inicial, además que la Universidad tiene la autonomía del control y mantenimiento de la red interna del campus y se hace necesario el conocimiento actualizado de la misma.

Esta evaluación ha sido desarrollada recolectando la información perteneciente a la red, y simulada por medio del programa EPANET, el cuál permitió reconocer el comportamiento de la red hidráulica ante diferentes escenarios (estado de proyección al 2005 y periodo de diseño, más evento de incendio). Además se instalaron una serie de manómetros para la validación de la simulación. Se presentan las conclusiones y recomendaciones necesarias para el buen funcionamiento y protección.

Por otra parte el reconocimiento del riesgo de incendio de las edificaciones del campus central de UIS, presenta la necesidad de intervenir, para proteger la institución y lo más importante que posee, su capital humano.

Se realizó un análisis del riesgo de las edificaciones teniendo en cuenta la normatividad existente, además un panorama global de vulnerabilidad que permitió realizar una serie de recomendaciones pertinentes al cada caso específico.

En la etapa final se desarrollo el prediseño de la red contra incendios para los edificios priorizados (edificio de laboratorios de livianos, edificio de investigaciones y postgrados).

---

\* Proyecto de grado en la modalidad práctica empresarial

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jorge Alberto Guzmán

## SUMMARY

### TÍTULO:

**ENTERPRISE PRACTICE CONSISTENT IN THE TECHNICAL SUPPORT TO THE OFFICE OF FISICA PLANT, IN THE DESIGN AND EVALUATION OF THE PROJECT OF HIDRAULIC NETWORKING AND FIRE PROTECTION OF THE UIS\***

### AUTHORS:

GONZALEZ ARDILA, Gerardo

VERA CAICEDO, Benjamín\*\*

### KEY WORDS

Network distribution, Evaluation of networks, hydraulic network, Maintenance of hydraulic networks, EPANET, vulnerability and Risk of Fire, fire protective systems.

### DESCRIPCIÓN

The Universidad Industrial de Santander in its role as a public institution that seeks both the technical and professional development of its students, has been impelled towards implementing the technical evaluation of the hydraulic network project post construction due to the changes carried out with respect to its initial design. In addition the University has the autonomy of control and maintenance of the internal network of the campus, therefore the updated knowledge of the system is necessary.

This evaluation has been developed through the collection of information pertaining to the network, and simulated by means of the program EPANET, which allowed for the recognition of the behavior of the hydraulic network through different scenarios (present conditions and more fire protection, period of design and more fire protection). In addition a series of pressure gauges for the validation of the simulation were installed and monitored. The conclusions and recommendations necessary for good operation and protection are offered.

On the other hand the recognition of the fire risk of the constructions of the central campus of UIS, present the necessity to take part in the protection of the institution and its most valuable component, its human capital.

An analysis of the risk of the constructions was made keeping in account the existing standards, in addition to a global panorama of vulnerability that allowed for a series of recommendations pertinent to each specific case.

In the final stage the pre-design of the networks fires protection for the prioritized buildings (building of laboratories of light, building of investigations and postgraduate degrees) was further developed.

---

\* Degree Project in the enterprise practical modality

\*\* Physical-mechanical Engineer Faculty, Civil Engineering, Eng. Jorge Alberto Guzmán

## INTRODUCCION

Los cambios que ocurren a efecto de diferentes variables en las ejecuciones de los proyectos en consideración con sus diseños, siempre han sido un inconveniente en el momento de ejecutar obras de control, prevención, corrección, restauración, etc.

La Universidad en su papel de institución pública que busca el desarrollo tanto técnico como profesional, se ha visto impulsada en implementar la evaluación técnica post construcción al proyecto de la red hidráulica, debido a los cambios efectuados con respecto a su diseño inicial.

Dado que la red hidráulica del campus central de la Universidad, tiene autonomía propia para la institución, el control y mantenimiento de la red debe ser realizado por funcionarios y trabajadores adscritos a la universidad, los cuales contarán con un manual actualizado de la red, facilitando y normatizando los procedimientos.

Se ve comúnmente en nuestro medio que solo la ocurrencia de catástrofes, han logrado develar la importancia de la prevención, en el caso de los incendios aunque es uno de los riesgos con mayor poder destructivo muy raramente es tenido en cuenta, es por esto que solo el edificio de Luís A. Calvo posee red interna contra incendio, y la Biblioteca central tiene un diseño a desarrollar.

El reconocimiento del riesgo de incendio de las edificaciones del campus central de UIS, presenta la necesidad de intervenir urgentemente y minimizar la vulnerabilidad, para proteger la institución y lo más importante que posee, su capital humano.

## **1 DIVISION DE PLANTA FISICA**

### **MISIÓN**

La División de Planta Física, es la dependencia administrativa de la Universidad Industrial de Santander encargada de garantizar las condiciones adecuadas de funcionamiento, seguridad y disponibilidad de la planta física de la Universidad, por medio de la prestación de servicios que de manera eficiente y efectiva, logran el mantenimiento, reparación, mejoramiento, construcción y embellecimiento de Salones, Auditorios, Oficinas, Laboratorios, zonas verdes y Áreas deportivas de las diferentes la dependencias Académicas y Administrativas

### **VISIÓN**

Ser una organización líder, de gran prestigio como ente promotor del normal desempeño universitario para el constante crecimiento y mejoramiento de la imagen organizacional e institucional, capaz de adaptarse con eficacia a la velocidad de los cambios y a las necesidades generadas del entorno, soportando sus acciones y logros en la planeación, evaluación y cumplimiento de sus objetivos con excelentes niveles de calidad en los servicios ofrecidos desde cada una de sus áreas funcionales, logrando ser reconocida como una División comprometida, con un alto sentido de pertenencia, inteligente, sólida y autónoma en la administración de los recursos necesarios para el desarrollo de sus actividades, apoyada en canales de comunicación que provean una información clara, segura y oportuna, en su relación con la comunidad universitaria, vinculándola en la conservación y buen uso de las instalaciones y planta física en general de la Universidad con un alto sentido de pertenencia y compromiso.

## **FUNCIONES**

La oficina de Planta Física tiene como función principal participar coordinada, activa y dinámicamente en la definición, planificación y ejecución de planes integrales de desarrollo físico e infraestructura de la universidad. Otra de las más importantes funciones que debe cumplir la División Planta Física de la Universidad Industrial de Santander es la llamada función social, garantizando que exista la infraestructura adecuada para el desarrollo integral de los miembros de la comunidad universitaria y el mejoramiento de su calidad de vida.

## **2 EVALUACION POST CONSTRUCCION DE LA RED HIDRAULICA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UIS**

Realizar la evaluación de la nueva red hidráulica del campus central de la universidad, es un esfuerzo que se llevo a cabo para satisfacer la necesidad de reconocer los beneficios que brinda el conocimiento actualizado de las instalaciones, y el mejoramiento continuo de la institución en pro del desarrollo. Efectuar un mantenimiento preventivo de la red permite un ahorro en gastos imprevistos y ejerce una satisfacción en la población, cuando no se ve afectada por decaimiento del funcionamiento.

### **2.1 Red hidráulica**

El sistema de abastecimiento de agua para los diferentes edificios del campus central de la UIS la componen todas las obras, equipos e infraestructuras destinadas a la dotación de agua.

La nueva red fue diseñada para satisfacer la demanda de agua potable de la comunidad universitaria ubicada en el campus central, tanto para el consumo humano como para consumos especiales e infraestructuras, al igual que de posibles demandas de emergencia como la posibilidad de ocurrencia de incendio, todo esto mediante la elaboración de estudios con el objeto de determinar las obras necesarias que tuvieran la capacidad determinada no solo para las necesidades actuales sino también las futuras; es así como el diseño de la red ya construida fue considerada para un periodo de 25 años.

Los consumos especiales corresponden a demandas para actividades como prácticas de laboratorio, presentaciones artísticas, preparación de alimentos, riego de zonas verdes y otras relacionadas con el bienestar de la comunidad y el normal desarrollo de las actividades académicas y culturales dentro del campus.

## **2.2 Generalidades de la red hidráulica**

Esta conformada por una gran malla principal dividida en 5 sectores; el primer sector rodea las zonas administrativa y cultural correspondiente a los edificios de Administración Central, Publicaciones, Educación a Distancia, Ciencias Humanas y el Auditorio Luís Calvo; el segundo sector a los edificios Mantenimiento Tecnológico, División de planta Física, Ingeniería Mecánica y el Aula Máxima de Mecánica; el tercer sector la Biblioteca y el edificio de Ciencias Humanas II; el cuarto sector a los edificios Laboratorio de Livianos, Investigaciones y Postgrados y Aulas Camilo Torres; finalmente el quinto sector al Gimnasio, los edificios Ingeniería Química, Capruis y Favuis, Cicelpa e investigaciones y el Aula Máxima de Ciencias; a su vez, la red se encuentra ubicada sobre las principales vías vehiculares de los sectores antes mencionados.

La acometida del acueducto a la red principal de la universidad, se encuentra en la entrada de la carrera 27 con calle 9, donde se cuenta con un macromedidor, el único con que se cuenta en toda la red.

El sistema de red esta compuesto por:

Tuberías de PVC tipo unión mecánica RDE 21 que garantiza con sus uniones herméticas, una mínima alteración de la calidad del agua durante su transporte, y una relación diámetro espesor (RDE) 21 que le permite una adecuada respuesta ante las cargas internas y externas sobre las paredes del tubo.

Válvula reguladora: encargada de disminuir la presión impidiendo el trabajo de la tubería a esfuerzos mayores que los especificados por el fabricante y dotada de manómetros antes y después como elemento de control.

Válvulas de corte: utilizadas para aislar los diferentes sectores ante un evento de emergencia.

Válvulas de bola: utilizada para impedir el paso del flujo a las diferentes edificaciones durante posibles reparaciones.

Grifos: utilizados para zonas de riego y encargado de regular el flujo a la salida de el.

Hidrantes: ubicados estratégicamente para asegurar la atención ante un posible incendio.

Accesorios: Encargados de darle dirección a la red, tales como codos, semicodos, tees, uniones y reducciones

### 2.3 Especificaciones técnicas

#### ➔ Tuberías

Tubería de policloruro de vinilo ( PVC ) tipo unión mecánica RDE 21			
2 ½ pulgadas	3 pulgadas	4 pulgadas	6 pulgadas

#### ➔ Válvulas

- Reguladora  
Válvula Reguladora de Presión con piloto automático en Hierro Gris.
- Corte  
Válvulas de cierre tipo compuerta en Bronce y en Hierro Dúctil.
- Bola  
Para las acometidas en los edificios.

#### ➔ Hidrantes

- Hidrantes Tipo Milán de 3 “ y Tráfico 4”.

## ➤ **Accesorios**

- Codos, semicodos, tees, uniones, collarines, reducciones en PVC RDE 21

## **2.4 Parámetros utilizados en el diseño**

Para garantizar que el agua suministrada a las edificaciones fuera de una cantidad suficiente y de la mejor calidad desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico, debía cumplir con los siguientes parámetros.

### **2.4.1 Velocidad**

Uno de los criterios para el diseño que se tuvieron en cuenta en la red fue que las velocidades se concentraran en un rango entre 0.60 m/s y 2.00 m/s. Esto para evitar el depósito de sedimentos en la tubería cuando las velocidades son muy bajas o el daño y molestias que pudiera ocasionar sobre las redes internas de distribución y aparatos de salida, cuando se presenten altas velocidades.

### **2.4.2 Coeficiente de rugosidad**

El PVC posee un coeficiente C (rugosidad para Hazen Williams) de 150. La modificación de este valor de rugosidad a lo largo de la vida útil del proyecto se considero despreciable.

### **2.4.3 Población y dotación**

#### **2.4.3.1.1 Cálculo de la población**

Este parámetro es uno de los más importantes y para su consecución recopilaron la información necesaria tanto en cantidad como en ubicación de la población a atender así como las necesidades de agua potable que estuvieran lo más cercanas a la realidad.

### 2.4.3.2 Población existente

La cifra de población actual entre estudiantes y trabajadores, que cumplía con los requisitos antes descritos y que fue tomada como base para el cálculo de la población futura, ascendió a 15.961 personas.

### 2.4.3.3 Estimación de la población para el horizonte de diseño

El método utilizado para estimar el horizonte de diseño fue el Aritmético; con una media anual de crecimiento de 450 estudiantes. Equivale esto a decir que desde el año 2004 y hasta el año 2029 la población estudiantil incluyendo pregrado y postgrado, crecería con una media de 450 estudiantes / año.

Utilizando la formula para el crecimiento aritmético:

$$Pf = Pi + (Kp * (Tf - Ti))$$

Donde:

Pi = población inicial

Pf= población esperada o estimada para horizonte de diseño

Kp= constante de crecimiento de la población (valor medio)

Ti= año del ultimo dato de población

Tf= año del horizonte de diseño

Datos

Kp = 450.45 estudiantes/año. (Ignorando valores negativos)

Tf-Ti =27 años, ya que Pi es la del año 2002.

Pi= 14498 estudiantes

Pf = 26,660 estudiantes en el año 2029

Para el cálculo de la población del estado actual de la red para posteriores cálculos en el programa EPANET se adopto todos los pasos anteriores.

#### 2.4.3.4 Dotación

Las dotaciones consideradas para el diseño de la red fueron las siguientes:

Estudiantes	50 litros/día
Trabajadores	70 litros/día
Zonas verdes	2 litros/m <sup>2</sup>
Laboratorios de Biología	3 litros/estudiante
Laboratorios de Química	8 litros/estudiante
Restaurantes	2000 litros para áreas entre 0 y 40 m <sup>2</sup> 50 litros/m <sup>2</sup> para áreas entre 41 y 100 m <sup>2</sup> 40 litros/m <sup>2</sup> para áreas mayores a 101 m <sup>2</sup>
Auditorios	3 litros/espectador
Biblioteca	20 litros/silla instalada
Cafeterías	1500 litros para áreas menores o iguales a 30 m <sup>2</sup> 60 litros/m <sup>2</sup> para áreas entre 31 y 60 m <sup>2</sup> 50 litros/m <sup>2</sup> para áreas entre 61 y 100 m <sup>2</sup> 40 litros/m <sup>2</sup> para áreas mayores a 100 m <sup>2</sup>

Debido al cambio de la red hidráulica en algunos nodos de la red se procedió a desarrollar una nueva dotación para el periodo de diseño, además se proyectó al año 2005 para saber cual sería el posible estado actual. Todos los cálculos se encuentran en el siguiente archivo anexo.

[poblacion caudal actual 2005.xls](#)

#### 2.5 Reconocimiento de la red

La construcción de la nueva red hidráulica y contra incendios de la universidad se encontraba en su etapa final, en el momento que comenzó la evaluación post construcción de la red, fue así como se realizaron visitas técnicas donde se reconocieron la mayoría de detalles que sirvieron en el levantamiento topográfico, y también para la

información acerca de la construcción, que fue desarrollada por una empresa contratista que seguía los diseños realizados por la División de Planta Física; pero los cuales fueron modificados en ciertos lugares, y cuyos aspectos técnicos fueron avalados por la División de Planta física.

La nueva red hidráulica solamente cubre lo que es la red principal, las acometidas en cada edificio siguieron con sus antiguas tuberías.

## **2.6 Levantamiento topográfico**

Debido a que los diseños de la red fueron modificados en el momento de su construcción y contemplando que la ubicación de la red en el terreno no era la misma, se optó por utilizar la topografía como el método para controlar y determinar las posiciones relativas de la red hidráulica situadas en campus universitario para su posterior representación planimétrica y altimétrica.

En el trabajo de topografía se midieron ángulos entre rectas terrestres y se localizaron puntos por medio de distancias y ángulos previamente determinados.

El trabajo realizado para el levantamiento topográfico de la red hidráulica comprendió dos etapas fundamentales:

Trabajo de campo

Trabajo de oficina

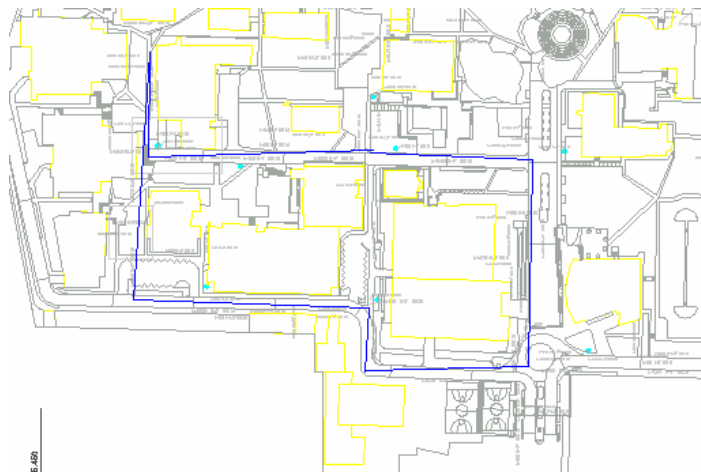
### **2.6.1 Trabajo de campo**

Aprovechando que la construcción de la red hidráulica estaba en su etapa final, se logró recopilar los datos y localizar los puntos a ser levantados, para ello se utilizó el método de poligonal cerrada.

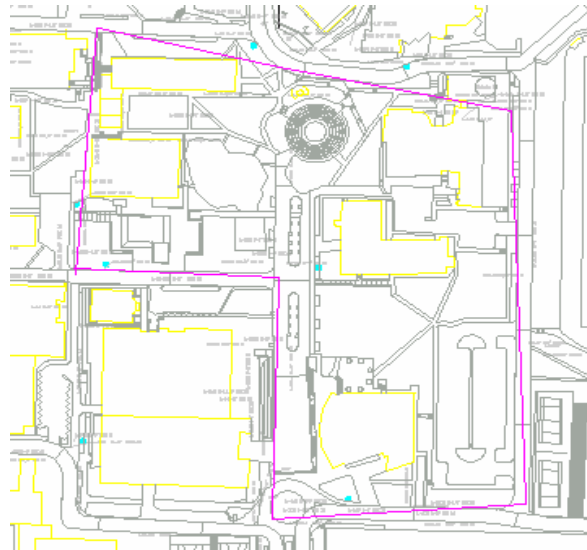
El levantamiento topográfico se realizó con una estación total Topcon, aparato electrónico el cual permite hacer un levantamiento planimétrico y altimétrico de precisión dando como resultado, tres poligonales, las cuales una con otra nos servirían de amarre a la hora de hacer los cálculos, dando una mejor precisión y control de los puntos..

La primer poligonal cubre la red que bordea la zona administrativa, cultural y los edificios de la zona académica como son la Biblioteca y el edificio de Ciencias Humanas II. La segunda poligonal los edificios de la zona académica, Mantenimiento Tecnológico, Planta Física y ingeniería Mecánica, Laboratorios Livianos, aulas Camilo Torres, y Investigación y Postgrados y la tercer poligonal rodea todos los edificios del campus sobre la vía principal.

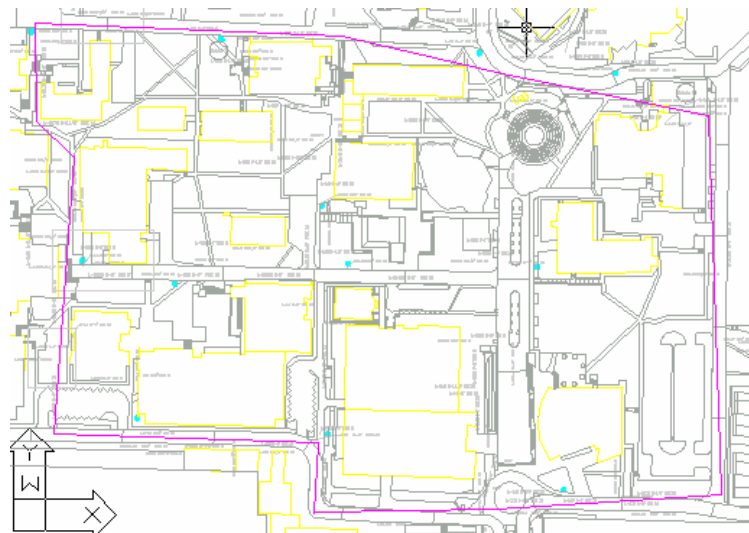
**Figura 1. Ubicación de la poligonal 1 en el campus universitario**



**Figura 2. Ubicación de la poligonal 2 en el campus universitario**



**Figura 3. Ubicación de la poligonal 3 en el campus universitario**



Los puntos tenidos en cuenta fueron el macro medidor que existe a la entrada de la universidad dispuesto por el acueducto el cual es el único registro con que cuenta la universidad para control del consumo, una válvula reguladora, válvulas de cierre, hidrantes, grifos de riego, codos, tees, y algunos puntos de comparación para afrontar con planos existentes.

## 2.6.2 Error de cierre angular

Las poligonales son en si el “alma” del levantamiento y la base de todos los demás datos necesarios para la elaboración de los planos y mapas, como característica no se tolero ningún tipo de error u omisión en el registro. Por tanto, se efectuaron todas las verificaciones posibles en el campo entre estas esta el error por ángulos interiores el cual es la diferencia entre la suma de los ángulos medidos y el total geoméricamente correcto para el polígono. la suma de los ángulos interiores de un polígono cerrado es igual a :

$$\sum (n - 2) 180^\circ$$

Siendo n el número de lados o de ángulos en el polígono.

El error de cierre permitido se basa en la ocurrencia de los errores aleatorios que puedan aumentar o disminuir los ángulos medidos. Puede calcularse este error por la formula:

$$C = K \sqrt{N}$$

En la cual N es el número de ángulos y K es una constante que depende del grado de exactitud especificado para el levantamiento.

### **POLÍGONO 1**

Sumatoria de ángulos interiores: 900

$$ST = 180(7-2) = 900$$

ERROR: 0

Error permisible para precisión alta :  $E = a * \sqrt{n}$

$$E = 10 * \sqrt{7} = 0.007$$

## **POLÍGONO 2**

Sumatoria de ángulos interiores: 1259.997

$$ST = 180(12-2) = 1260$$

ERROR: 0.003

Error permisible para precisión alta:  $E = a * \sqrt{n}$

$$E = 10 * \sqrt{9} = 0.008$$

## **POLÍGONO 3**

Sumatoria de ángulos interiores: 1799,979

$$ST = 180(12-2) = 1800$$

ERROR: 0,008

Error permisible para precisión alta:  $E = a * \sqrt{n}$

$$E = 10 * \sqrt{12} = 0.010$$

### **2.6.3 Trabajo de oficina**

Después de realizado el trabajo en campo y haber comprobado los ángulos medidos de las poligonales, procedimos a realizar el ajuste de la poligonal para lograr un "cierre perfecto" es decir la congruencia geométrica entre los ángulos y las longitudes; de lo contrario, de lo contrario habría necesidad de repetir las mediciones de campo hasta lograr los resultados adecuados.

Paso siguiente fue el cálculo de las coordenadas de los puntos, llevando los datos de campo a formato digital por medio del programa de office; Excel, que nos permitió realizar toda clase de cálculos con respecto al ajuste y cálculo de coordenadas.

Los pasos para realizar los cálculos se rigieron por las formulas que a continuación explicamos en forma detallada.

Los cálculos se encuentran consignados en un archivo de Excel, los cuales muestran la calidad del levantamiento y precisión con la que se realizó.

[Calculos lev topografico.xls](#)

#### **2.6.4 Compensación de los ángulos**

El primer paso es el ajuste de los ángulos al total geométrico correcto; esto se logró dividiendo el error obtenido de cierre por el número de vértices y este resultado repartiéndolo en cada uno de ellos.

#### **2.6.5 Calculo de rumbos o acimut preliminares**

Después de ajustar los ángulos, el siguiente paso fue calcular los rumbos y los acimut preliminares. Esto obligó a suponer la dirección del delta 1 al mojón ubicado en la portería, como norte asignado.

El cálculo de acimut se hizo sumando el acimut de origen a los ángulos suplementarios de cada ángulo ajustado. Ejemplos:

$$\text{Az(BC)} = \text{Az(AB)} + (180^\circ - \text{Angulo compensado en B})$$

$$\text{Az(CD)} = \text{Az(BC)} + (180^\circ - \text{Angulo compensado en C})$$

#### **2.6.6 Calculo de proyecciones**

Después de ajustar los ángulos y calcular los acimutes preliminares, se verifico el cierre planimétrico de la poligonal calculando las proyecciones  $\Delta X$  y  $\Delta Y$  de cada línea.

La proyección  $\Delta X$  se obtuvo multiplicando la distancia horizontal entre dos estaciones con el seno del acimut entre estas dos estaciones.

La proyección  $\Delta Y$  se obtuvo multiplicando la distancia horizontal entre dos estaciones con el coseno del acimut entre estas dos estaciones.

$$\Delta X = D * \text{sen } Az \quad \Delta Y = D * \text{cos } Az$$

### 2.6.7 Errores de cierre y ajuste de proyecciones

Debido a errores en las distancias y ángulos medidos de una poligonal, si se empieza en un punto A de una poligonal cerrada y se sigue progresivamente midiendo la distancia de cada línea a lo largo de su acimut, se retornará finalmente a un punto cercano A' y no a este punto a exactamente.

El punto A' diferirá del punto correcto A en la dirección este-oeste. Este error se llama error de cierre en la proyección  $\Delta X$  (o e.c.x). De la misma manera, el punto A' diferirá del punto correcto A en la dirección norte-sur. Este error se llama error de cierre en la proyección  $\Delta Y$  o (e.c.y).

Para las poligonales, es claro que si todas las distancias y ángulos se hubiesen medido perfectamente, la suma algebraica de las proyecciones  $\Delta X$  de todos sus lados debería ser igual a cero. De la misma manera, la suma algebraica de todas las proyecciones  $\Delta Y$  también debería ser igual a cero.

Como las mediciones no fueron perfectas y existen errores en las distancias y ángulos, las condiciones antes mencionadas no se presentaron. Las magnitudes de estos errores de cierre se calcularon sumando algebraicamente las proyecciones  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ .

$$\begin{array}{l} e.c.x = \sum \Delta X^2 \\ e.c.y = \sum \Delta Y^2 \end{array}$$

Las correcciones planimétricas en X y en Y se calcularon proporcionalmente a las longitudes de los lados. Se multiplico el error de cierre (en X o en Y) por la longitud del lado y se dividió entre la suma de los lados (o perímetro de la poligonal). Ejemplo

$$C.X(AB) = - (( e.c.x * D(AB) / ( \sum Dist))$$

$$C.X(AB) = - (( e.c.y * D(AB) / ( \sum Dist))$$

Observación: los signos algebraicos de las correcciones son opuestos a los del error.

### 2.6.8 Coordenadas rectangulares

Sean X(A) y Y(A), las coordenadas conocidas del punto de partida A. La abscisa X del siguiente punto B se obtiene sumando la proyección  $\Delta X$  de la línea AB a X(A). De la misma manera, la ordenada Y de B es la proyección  $\Delta Y$  de AB sumada a Y(A). En forma de ecuación se tiene:

$$X(B) = X(A) + DX(AB) \quad Y(B) = Y(A) + DY(AB)$$

El proceso se continuó de la misma manera, sumando sucesivamente las proyecciones  $\Delta X$  y  $\Delta Y$  hasta que se vuelven a calcular las coordenadas del punto inicial A.

Cabe anotar que a las coordenadas del primer punto se le dio un valor de: coordenada norte 0 coordenada este 0, las cuales posteriormente cambiaron de acuerdo al plano del campus universitario que ya existe.

### 2.6.9 Error de cierre lineal y precisión relativa

La distancia entre el punto de partida A y el punto de cierre A' se denomina error de cierre lineal (e.c.l.) de la poligonal. Se calculó con la fórmula siguiente:

$$e.c.l = \sqrt{e.c.x^2 + e.c.y^2}$$

La precisión relativa de una poligonal se calculo dividiendo el error de cierre lineal (e.c.l) por la suma de los lados del polígono. Se expresa como una fracción:

$$\text{Precisión relativa} = e.c.l / \sum \text{Dist}$$

La fracción que resulto de esta ecuación se reduce a su forma recíproca y el denominador se redondea al mismo número de cifras significativas que el numerador.

## 2.7 Digitalización de planos

Luego de tener la posición global de los puntos procedimos a realizar los planos de planta al detalle de la red, para esto se utilizo el programa de dibujo Autocad 2000, al cual le introducimos las coordenadas de todos los puntos con las características que le corresponden a cada uno de ellos para luego ensamblarlas y dar el entorno de red; asimismo se ubicaron los puntos que se habían levantado como puntos de control, los cuales fueron secciones de vías principales que no ayudaron a acoplar el plano de la red con el de planta de la UIS existente.

El trabajo de acople se realizo sobreponiendo los dos planos y haciendo coincidir todos los puntos comunes, además fue complementado con mediciones en el terreno para corroborar la precisa ubicación de la red.

Los puntos no concordantes se revisaron, encontrando que se habían realizado cambios del terreno y no se habían contemplado en la digitalización de los planos de la UIS, teniendo que desarrollar algunas mediciones para actualizarlos.

Además se realizó el plano de perfiles de los tramos de la tubería tomando como base las cotas del levantamiento y utilizando las pendientes de los tramos, que en todos los casos de la construcción fueron respetados.

Lo más significativo en la consecución de los planos no fue el dibujo en si, sino las normatividades que se siguieron las cuales forman un registro valorable y útil para obtener una fácil accesibilidad posterior y poder ser utilizado de forma universal por el personal competente.

La normatividad utilizada para la digitalización de los planos es la contemplada por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. Pero algunos aspectos no se encontraban detallados y fue necesario revisar otros manuales de dibujo actualizados.

## **2.8 Manual de mantenimiento de la red hidráulica**

El manual de mantenimiento de la red hidráulica es un documento de gran importancia para toda empresa que se dedique al uso y protección de las redes, de esta manera todos los aspectos antes contemplados terminan formando parte del manual y brindando un apoyo de primera mano para los trabajadores de la universidad, esta herramienta de fácil comprensión será esencial en la protección.

Este manual forma parte del aporte realizado y se muestra como archivo adjunto

[Manual de mantenimiento de la red hidraulica de la UIS](#)

## **2.9 Simulación por medio de software EPANET**

Se pretende el desarrollo de diferentes tipos de escenarios posibles en la red hidráulica, para comprobar su funcionamiento después de su construcción, examinar sus posibles falencias y sus capacidades ante un evento de incendio.

Para la validación de esta simulación fueron instalados una serie de manómetros en diferentes puntos de la red, cuatro en total, junto con los dos ubicados en la entrada para

el control de la válvula reguladora, además del medidor de flujo, los cuales permiten una comparación a la realidad.

### **2.9.1 Uso y funcionamiento de EPANET**

El software utilizado para la simulación de la red fue EPANET.

La versión original del programa está en idioma inglés y fue desarrollado por el Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos (National Risk Management Research Laboratory) de la U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

La versión manejada en el diseño de la nueva red hidráulica de la UIS es la versión en español EPANET 2.00.10 de libre distribución y uso aparecida en Julio de 2002, y desarrollada por el Grupo de Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión (REDHISP) perteneciente al Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia (España). Versión que fue desarrollado bajo la revisión técnica y administrativa de la EPA manteniendo compatibilidad total con la versión inglesa, tanto a nivel de ejecución como a nivel de datos.

### **2.9.2 Descripción y características**

EPANET es un programa de computador que realiza simulaciones en periodos prolongados o no, del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Esta versión en español adopta las unidades del Sistema Internacional (SI) por defecto, y no tiene límite en cuanto al tamaño de la red que puede simularse. Puede calcular las pérdidas mayores o por fricción mediante las fórmulas de Hazen- Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning; de igual manera contempla el cálculo de pérdidas en codos, accesorios, etc. mas conocidas como pérdidas menores o por cambios de dirección.

Permite además, considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal. Admite depósitos de geometría variable

(tanques cuyo diámetro varíe con la altura), también permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo

Cuenta con una interfaz gráfica en el entorno Delphi, que permite al usuario un fácil manejo y visualización de los datos de entrada y rápido análisis de los resultados y maneja un algoritmo de cálculo de última generación redactado en lenguaje C.

### **2.9.3 Descripción de la red**

EPANET nos ayudara tanto en la simulación de la red hidráulica del campus como con la red interna contra incendios de los edificios.

El sistema de red se modela como un conjunto de líneas conectadas por nodos en sus extremos; los nodos y líneas se les dio atributos.

La identificación de acuerdo a la numeración tomada en el trabajo de normalización de la red hecho anteriormente, con ello, para las tuberías pudimos ingresar datos como: el valor del nudo inicial, el valor del nudo final, su descripción, longitud, diámetro y rugosidad. A los nudos le ingresamos sus coordenadas, la descripción, cotas y demandas que se presentan.

Para simular el suministro de agua del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga colocamos un embalse el cual nos sirve de fuente de alimentación del sistema ubicado en el primer nudo de la red.

Las válvulas de corte van incluidas al crear las líneas (tuberías) pues al simular la red podemos manipular el estado de ellas como abierta o cerrada.

La válvula de regulación simulada se adopto para reducir la presión, una vez el agua pase a través de ella según se esta manejando en el momento.

## 2.10 Evaluación post construcción de la red

EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nodos y otras funciones que permitieron la visualización de resultados en una gran variedad de formatos para el análisis de cada uno de ellos.

### ➔ INVENTARIO

Tabla 1. Inventario red hidráulica de la UIS

INVENTARIO DE TUBERIAS Y ACCESORIOS RED HIDRAULICA CAMPUS CENTRAL UIS		
DETALLE		CANTIDAD
TUBERIA PVC 6"	m	628,88
TUBERIA PVC 4"	m	845,71
TUBERIA PVC 3"	m	281,28
TUBERIA PVC 2 1/2"	m	215,62
VÁLVULA 6"	UN	14
VÁLVULA 4"	UN	4
VÁLVULA 3"	UN	8
VALVULA REGULADORA 4"	UN	1
TEE 6"	UN	20
TEE 4"	UN	25
TEE 3"	UN	10
TEE 2 1/2"	UN	9
CODO 6"	UN	1
CODO 4"	UN	3
CODO 2 1/2"	UN	3
REDUCCIÓN 6" a 4"	UN	5
REDUCCIÓN 4" a 3"	UN	4
REDUCCIÓN 3" a 2 1/2"	UN	2
SEMICODO 6"	UN	2
SEMICODO 4"	UN	2
SEMICODO 3"	UN	2

### 2.10.1 Resultados del análisis

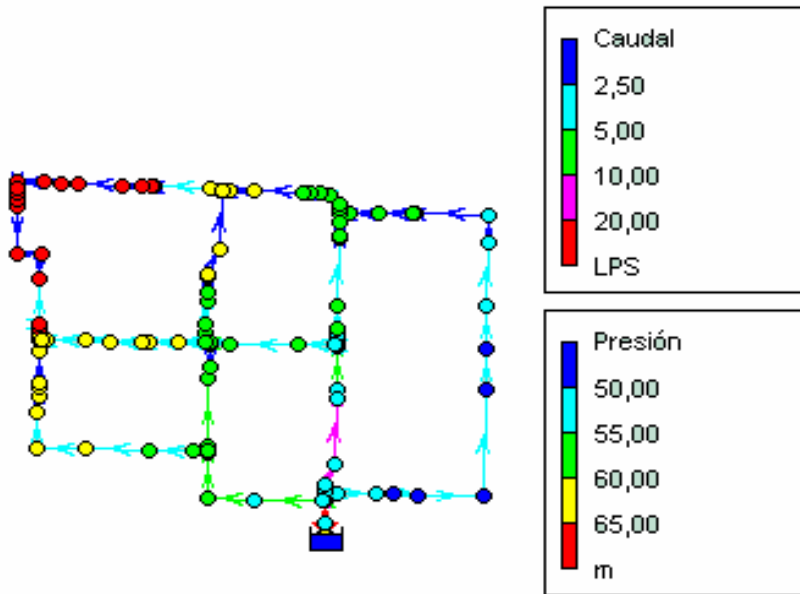
A continuación se presenta los resultados de la simulación de la red bajo diferentes escenarios, tomando como base para el estudio una presión en la entrada de 52 mca, medida tomada como valor de consigna al que se encuentra la válvula reguladora, en la entrada de la universidad, punto de inicio de la red.

Los consumos en los nodos para el periodo de diseño fueron obtenidos por medio de los cálculos de la dotación. En el periodo actual (año 2005) se realizó una proyección para correlacionar en porcentaje con el consumo al periodo de diseño, dando como resultado un caudal del 68 % del caudal de diseño.

#### 2.10.1.1 Estado de proyección al 2005 de la red.

Se desarrolló un modelo de la red hidráulica y se simuló bajo las condiciones de flujo proyectadas para el año 2005 y así observar su comportamiento, arrojando como resultado la siguiente información. En la figura 4 podemos observar una representación de los nodos y tuberías de la red, donde se evidencian los cambios en las presiones y caudales, identificados por rangos.

Figura 4. Estado actual de la red



### ➤ **Presiones en la red.**

La red hidráulica posee a la entrada una válvula reguladora que mantiene estable el flujo dentro de la red, la presión que ofrece actualmente el acueducto esta fluctuando entre 77 y 44 mca.

La consigna con la que se encuentra trabajando la válvula reguladora es de 52 mca. El caudal de entrada de la red es aproximadamente 23.29 L/s, que seria el consumo aproximado de la población estimada.

Obteniendo presiones así:

En el nodo mas bajo de la red ubicado en extremo noroeste de la universidad perteneciente a un codo de 90° al lado del edificio de música una presión dinámica de 69.96 mca y 71.25 de presión estática, excediendo lo que esta consignado en las normas RAS 2000, que habla de un máximo de 60 mca ó 588 KPa.

La presión más baja se encuentra en el codo ubicado en el extremo sureste al lado de las canchas de tenis con una presión de 46,38 mca.

Las presiones con las que se encuentra trabajando la red están en un valor muy alto y estas deberían reducirse para no ocasionar daños futuros por exceso de trabajo.

El 60% de los nodos se encuentra trabajando por encima de la presión estipulada por la norma.

### ➤ **Velocidades**

El 87% de las velocidades se encuentra por debajo de 0.6 m/s, presentándose como valor mínimo 0,11 m/s, pero se espera que al pasar a la red interna de cada edificio y disminuir los diámetros estas velocidades aumenten y se encuentren en sus rangos permisibles entre 0.6 y 2 m/s, además hay que recordar que estas velocidades se esperan en la red

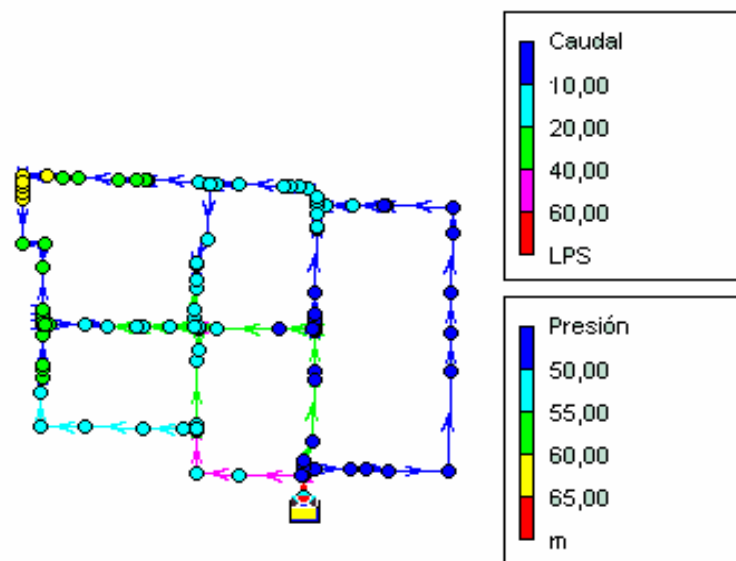
principal para su periodo de diseño y las tuberías se encuentran sobredimensionadas para el estado actual.

Se recomienda para solucionar los problemas de sedimentación en la red debido a bajas velocidades la apertura del hidrante ubicado en la parte mas baja el cual se encuentra al lado del edificio de música.

### 2.10.1.2 Estado de proyección al 2005 de la red ante un evento de incendio

Puesto que el diseño de la red contempla el escenario de incendio, se simula en el momento en que se accionen cuatro hidrantes a un consumo de 10 lps, como lo indica la normatividad.

Figura 5. Estado actual ante escenario de incendio



En la figura 5 podemos observar el cambio de presión, debido a un evento de incendio, donde funcionan simultáneamente cuatro hidrantes a 10 lps de caudal cada uno; donde se deben controlar las presiones y velocidades debido a que la red debe seguir alimentando el consumo normal.

El caudal de consumo para los hidrantes en la simulación serán de 14.7 lps, debido a que la red en el estado actual solo trabaja con un consumo de 68%.

### ➤ **Presiones en la red**

Ante una situación de incendio en donde 4 hidrantes funcionen con un caudal de 10 Lps cada uno, se encuentra que la red puede seguir trabajando normalmente, que las presiones disminuyen hasta 65.54 mca en el punto mas bajo, en el punto mas alto a 44.57 mca, ingresando en la red un caudal de 63.25 lps.

### ➤ **Velocidades**

Las velocidades aumentan encontrándose un 58.12% de las tuberías a velocidades entre 0.6 y 2 m/s. En el primer tramo de la tubería se muestra una velocidad de 3.47 m/s que no resulta excesiva, considerándose el caudal que transporta, que es una tubería de 6 pulg, y que es un evento de corto tiempo.

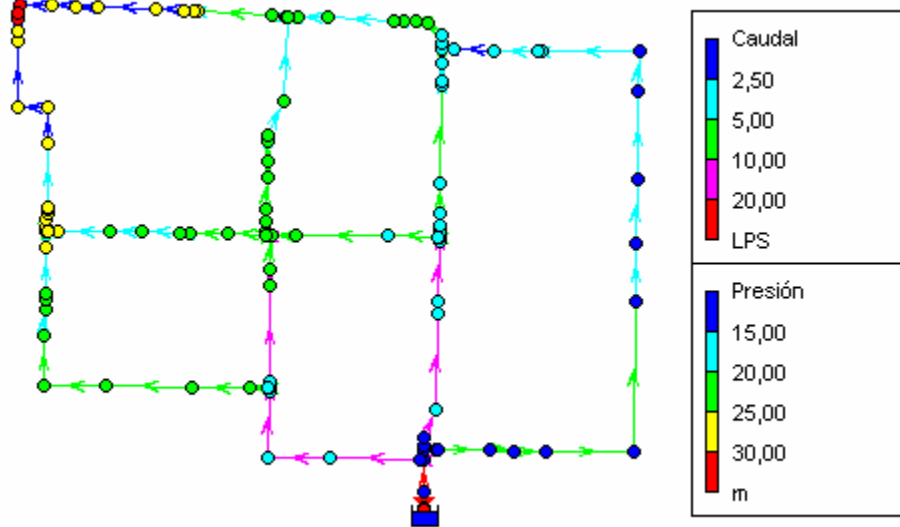
La menor velocidad encontrada seria de 0.11 m/s, de igual manera se espera que las velocidades aumenten en las tuberías internas de los edificios.

#### **2.10.1.3 Resultados de la red para el periodo de diseño**

En la figura 6 podemos observar que las presiones bajan en una proporción mayor a la presentada en la figura 1, debido a la disminución de presión en la entrada.

La red hidráulica de la universidad se diseño para el consumo medio diario, más el caudal de incendio, quiere decir esto que el mejor funcionamiento debería esperarse para este escenario.

Figura 6. Periodo de diseño



#### ➔ Presiones en la red

En el horizonte de diseño se espera que la presión brindada por el acueducto mínimo sea de 15 mca en la entrada de la universidad (macromedidor), por esto se presupone que la válvula reguladora habrá perdido su funcionalidad y deberá retirarse.

El caudal a la entrada de la red es de aprox. 41.68 lps.

En este caso se empiezan a presentar fallas en las presiones de la red puesto que el nodo ubicado en la parte sureste de la universidad conformado por un codo de 90° presenta una presión dinámica de 8.62 mca y 9.70 de presión estática, lo que estaría traspasando los límites permitidos por la norma, para la llegada de este periodo se deben controlar las presiones, y buscar soluciones a este inconveniente, se podría analizar la posibilidad de un tanque de almacenamiento en la parte alta.

Las presiones de la zona alta de la red disminuyen, encontrando un 16% de presiones por debajo de los 15 mca, por ello se debe prever la utilización de equipos hidroneumáticos para solucionar las posibles bajas de presión.

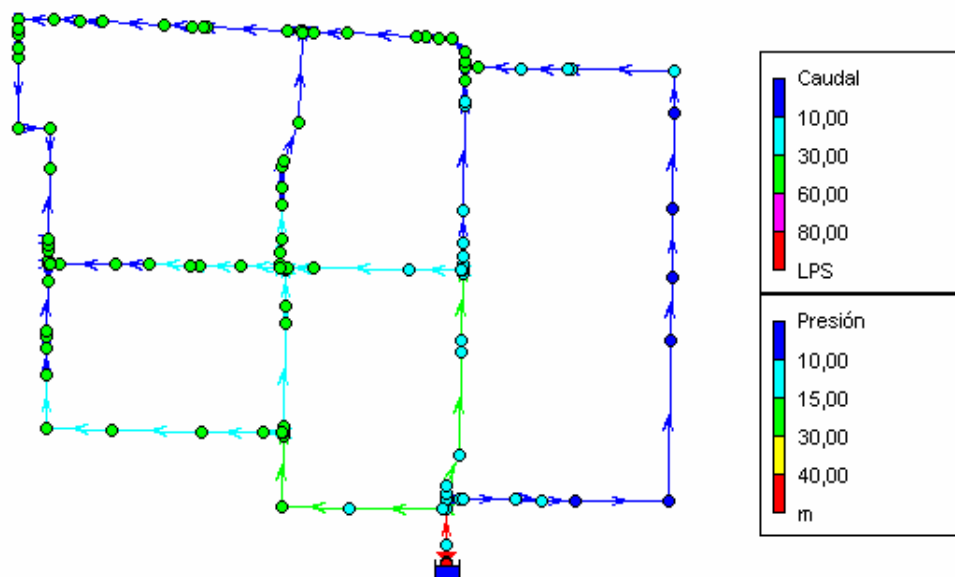
Cuando las presiones en los manómetros de la entrada disminuyan de 22 mca, se estará empezando a presentar fallas en el sistema interno de algunos edificios.

### ➤ Velocidades

Aproximadamente el 75% de las velocidades están por encima de 0.45 m/s, por debajo de lo esperado para el diseño, con un mínimo de hasta 0.08 m/s, pero igual que con las velocidades en el estado actual las velocidades en la red interna aumentaran debido al cambio de diámetro.

#### 2.10.1.4 Resultados de la red para el periodo de diseño ante un evento de incendio

Figura 7. Figura4. Periodo de diseño ante escenario de incendio



En la figura 7 podemos observar la disminución de la presión ante un evento de incendio con cuatro hidrantes funcionando según la norma a 10 lps cada uno y como se comportan los caudales.

#### ➔ **Presiones en la red.**

En el caso en que estén trabajando 4 hidrantes con un consumo promedio de 10 lps, se observa que el rendimiento de la red decae sustancialmente, presentando un 32% de nodos por debajo de la presión de 15 mca.

#### ➔ **Velocidades**

Las velocidades se muestran con un gran incremento llegando hasta 4.48 lps causando desgaste en la red, pero como es un evento de corto tiempo no se debe tener en cuenta.

El 68% de las velocidades se encuentran entre 0.6 y 2 m/s.

La velocidad mínima encontrada es de 0.33 m/s.

### **2.10.1.5 Validación de la simulación**

La validación de la simulación consiste en la medición de presiones y caudales en la red, en donde se contara con una serie de manómetros dispuestos para este uso y para hacer mantenimiento en la red, se crearan escenarios y se comparara la similitud de los datos del programa con los encontrados en la medición.

#### ➔ **Toma de datos**

Se procedió a realizar mediciones de flujo en la entrada y presiones en la red los días martes 31 de mayo, jueves 2, viernes 3 y sábados 4 de junio.

Los días jueves, viernes y sábado las medidas de flujo se realizaron cada 10 min, para hacer más preciso el procedimiento, y el día martes mediciones cada hora.

La medición de los datos se intento realizar al mismo tiempo en todos los puntos, se contó con 3 personas trabajando al tiempo, el primero registrando datos de flujo en la entrada, y los otros dos encargados de los 4 manómetros internos en la red, presentando un error en la medición de aproximadamente 5 min, tiempo que se demoraba en desplazarse de un punto a otro.

El error admisible de los manómetros dispuestos en la red, es de aproximadamente 5 psi, equivalente a 3.5 mca.

Los datos de la medición se encuentran en formato digital donde fueron procesados y analizados.

[validacion\\_red\\_hidraulica\validación\\_red\\_hidráulica.xls](#)

#### ➡ **Validación de la red en EPANET**

Para desarrollar esta validación se tuvo en cuenta 3 escenarios diferentes de flujo, con diferentes estados de presión en la red; el primero, el valor más común de presiones en toda la red, el segundo al momento de presiones mas bajas y el tercero cuando se encontraban las presiones más altas, obteniendo los siguientes resultados.

##### – **Presiones comunes en la red**

Se examino del total de las mediciones cual el valor más común, es decir que se repetía constantemente, presentándose los siguientes valores.

**Tabla 2. Comparación de presiones comunes en la red.**

MANOMETRO	PRESIÓN REAL MEDIDA (mca)	PRESION DE SIMULACION (mca)	DIFERENCIA DE PRESION (mca)
1	59.5	59.5	0
2	54.6	54.6	0
3	51.55	52.5	0.95
4	62.33	63	0.67
5	61.31	63	1.69
6	73.57	73.5	0.07

El caudal en la entrada es de 4.5 L/s.

– **Presiones mas bajas en la red**

Se tomo el valor mínimo de presión que se presento en la red; el día martes 31 de mayo a las 4:00 PM.

**Tabla 3. Comparación de presiones más bajas en la red.**

MANOMETRO	PRESIÓN REAL MEDIDA (mca)	PRESION DE SIMULACION (mca)	DIFERENCIA DE PRESION (mca)
1	44.10	44.10	0
2	39.20	39.20	0
3	36.08	35	1.08
4	46.85	45.5	1.35
5	45.81	45.5	0.31
6	57.99	59.5	1.51

El caudal en la entrada es de 9.5 L/s.

– **Presiones mas altas en la red**

Para esta comparación se tomo el valor mas alto medido en la red; el día martes a las 10:00 PM,

**Tabla 4. Comparación de presiones más altas en la red.**

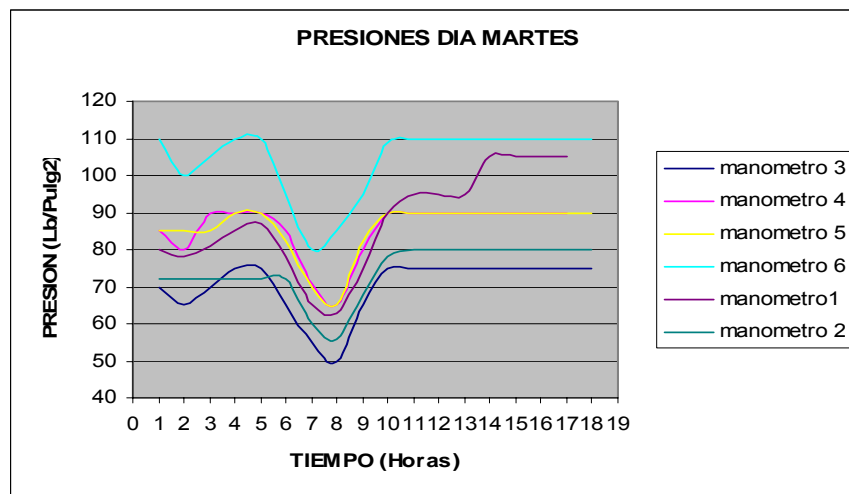
MANOMETRO	PRESIÓN REAL MEDIDA (mca)	PRESION DE SIMULACION (mca)	DIFERENCIA DE PRESION (mca)
1	73.5	73.5	0
2	56	56	0
3	52.98	52.5	0.48
4	63.76	63	0.76
5	62.75	63	0.25
6	75.02	77	1.98

El caudal en la entrada es de 1.17 L/s.

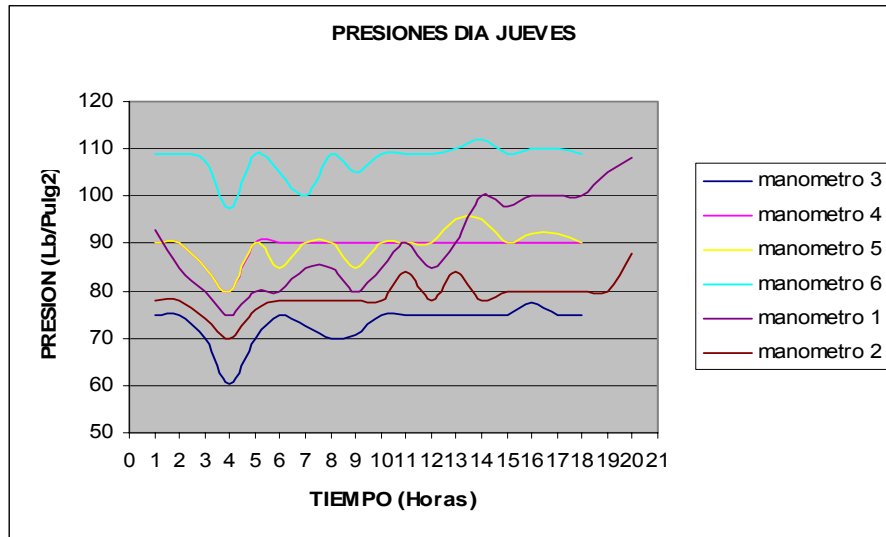
Las presiones de los manómetros 1 y 2 son iguales porque estas son las que se ingresan en el programa, la validación se desarrolla con las cuatro restantes. Los valores de presión de la simulación se encuentran entre los rangos permisibles, la máxima diferencia es de 1.98 mca, correspondientes a 2.82 psi. Luego la red simulada en EPANET es valida como modelo de la red hidráulica del campus central.

➔ **Conclusión de los datos obtenidos y de la validación.**

**Figura 8. Presiones en la red para el día martes**



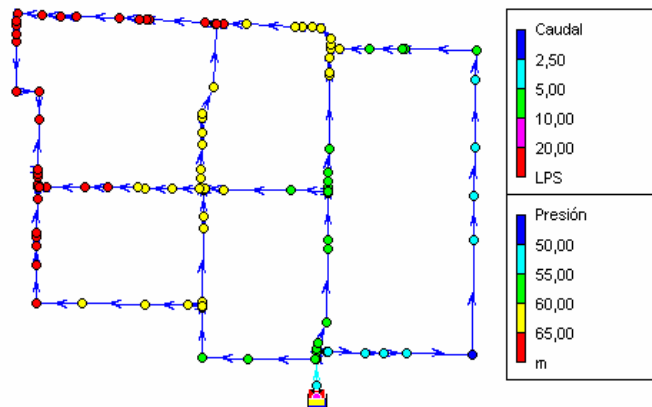
**Figura 9. Presiones en la red para el día jueves**



- Se puede observar en las graficas anteriores que la presión en los manómetros 4, 5, 6 se encuentran por encima de la presión a la entrada en el manómetro 2, presentando así presiones mayores a las que brinda el acueducto en el manómetro 1, es decir la función que debería estar cumpliendo la válvula reguladora no se esta llevando a cabo y la red esta trabajando por encima de las presiones sugeridas para este tipo de tuberías por las normas RAS-2000.

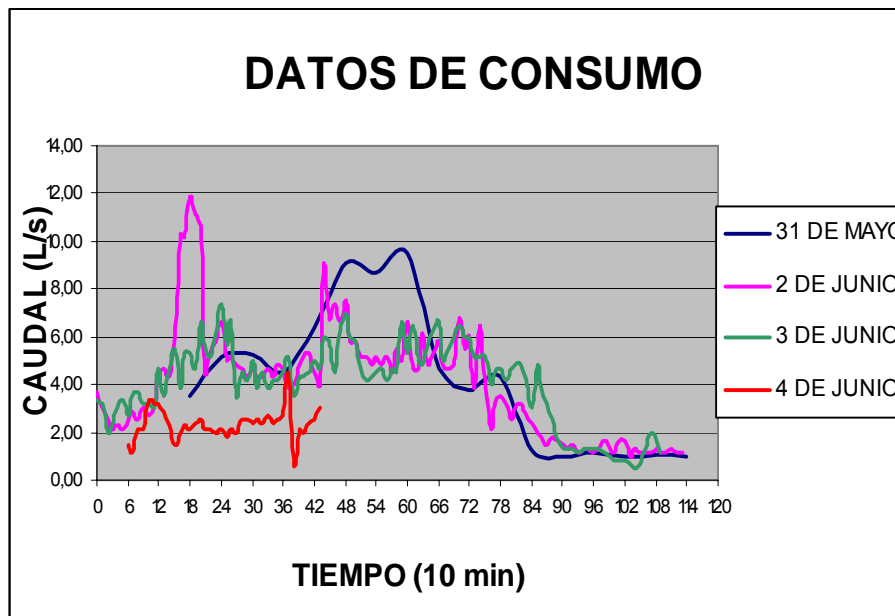
Esto también se puede advertir en EPANET, donde las presiones se presentan un 67 % por encima. Además las velocidades se encuentran muy bajas debido a los bajos consumos.

**Figura 10. Presiones en la red mas comunes**



- Como nota queda decir que estas presiones se mantienen altas, debido a la necesidad de servir de presión a una máquina microfilmadora que se encuentra en el edificio de publicaciones, el cual está ubicado en la parte alta de la red. Esto conlleva al detrimento con el tiempo de la red.
- Se evidencia en la medición de flujo de la red que en ningún momento se alcanzó a presentar el consumo proyectado para esta época (año 2005), el cual es de 23.29 L/s, y donde, el máximo consumo horario es del orden de 11.83 L/s, el consumo medio diario del orden de 4.11 L/s.
- Se intentó obtener de forma aproximada el consumo mensual del campus central de la universidad, para llevar un control del mismo, promediando los consumos diarios medidos, dando como resultado 6680 m<sup>3</sup>/mensual.
- En horas de la madrugada se están presentando consumos promedio de 3.8 m<sup>3</sup>/hora, como no existen medidores sectoriales para reconocer el sitio preciso del consumo, se recomienda desarrollar un plan de acción en donde haya un cierre de las válvulas de los edificios, y se reconozca la procedencia de estos consumos y las posibles pérdidas que estén ocurriendo.

**Figura 11. Datos de consumo medidos**



- El comportamiento en general del consumo se puede observar en la figura 11; el consumo se incrementa en los siguientes rangos entre aprox. 8:00 AM y 10:00 AM, 12:00 AM y 2:00 PM, y 4:00 PM y 7:00 PM, y se estabiliza a las 9:00 PM. El consumo máximo horario se presentó el día jueves de 8:20 AM a 9:20 AM y fue de 36.1 m<sup>3</sup>/hora

#### **2.10.1.6 Recomendaciones sobre la red Hidráulica**

- Debido a las altas presiones que se están presentando como ya se mencionó en el 67% de los nodos de la red, se recomienda disminuir la presión a la entrada en la válvula reguladora a un valor aproximado de 65 psi (45 mca), y para la máquina microfilmadora comprarle un sistema de bombeo.
- Desarrollar un plan de concientización del consumo de agua, desde la acción preventiva donde la comunidad universitaria se sienta comprometida en el buen uso de este servicio público.
- No existe forma de ejercer control de pérdidas en la red, la normatividad indica que por lo menos debería haber 4 puntos de control, además también existir medidores en la entrada de los edificios para poder ejercer control del gasto y pérdidas.
- La construcción de la nueva red hidráulica ha sido un gran logro en el desarrollo de la universidad, pero es solo un paso en el camino de la actualización de toda las redes, la gran mayoría de los edificios cuentan con una red antigua y deteriorada que debe ser renovada, ya que en estos sectores es donde se encuentran las fallas que pueden presentar el sistema.
- Un uso agregado de los hidrantes es el de realizar una limpieza a la red de los elementos finos que se puedan ir sedimentando. Es recomendable abrirlos regularmente para ejercer este oficio, debido especialmente a las bajas velocidades que se están presentando en la parte baja de la red actualmente.

- Ejercer un control sobre el manejo de la válvula reguladora, exigir la capacitación del personal sobre el uso de esta.
- Se debe prever que en un futuro las presiones que brinda el acueducto pueden disminuir radicalmente (hasta 15 mca, según la normatividad), luego se deben buscar alternativas para mantener el buen funcionamiento de la red. Entre estas alternativas puede pensarse en la construcción de tanques de almacenamiento en la parte alta de la red, que trabajen cuando se presenten bajas presiones.

## MARCO TEORICO

### 3 TEORIA DEL FUEGO

Se puede dar una definición mixta del fuego, derivada de la que aparece en varios diccionarios, según la cual sería una reacción consistente en la combinación continua de un combustible (agente reductor) con ciertos elementos, entre los cuales predomina el oxígeno libre o combinado (agente oxidante). La propiedad común a todas estas reacciones es que son exotérmicas.

El proceso de combustión tiene lugar de dos modos distintos: con llama (en el que se incluyen las explosiones) y superficial sin llama (en el que incluye la incandescencia).

La combustión con llama, a pesar de su complejidad, se asocia con velocidades relativamente rápidas de combustión, expresadas en términos de liberación de energía térmica a partir de la energía química existente en los enlaces entre átomos que, en unión de la relación peso – tiempo y del calor específico de los productos gaseosos de la combustión del cuerpo emisor, determinan la temperatura de llama. En condiciones de equilibrio, la energía calorífica producida y la energía calorífica transmitida al entorno (medidas ambas en un mismo tiempo tomado como base) deben ser iguales. Si la cantidad de energía calorífica producida es superior, el incendio aumentará, por el contrario, si la transmitida es superior, el incendio disminuirá. El fenómeno depende mucho del calor. Los chorros de agua, que constituyen el recurso principal de los servicios de bomberos, proporcionan realmente un método eficaz para dominar los incendios porque alteran realmente este equilibrio térmico. Se dispone de otros medios para dominar los incendios. La complejidad de los tipos de llamas ofrece posibilidades adicionales en el control de los incendios, utilizables por separado o combinadas. Esta situación es completamente opuesta a la de las superficies incandescentes sin llama, las cuales sólo pueden ser dominadas utilizando tres métodos combinados o por separado.

La combustión con llama puede concebirse como un tetraedro, en el que cada uno de los cuatro lados es contiguo a los otros tres y cada uno representa uno de los cuatro

requisitos básicos: combustible, temperatura, oxígeno y reacciones de combustión en cadena no inhibidas. La combustión sin llama puede simbolizarse correctamente con el tradicional triángulo, en el que cada uno de los tres lados es contiguo a los otros dos y representa uno de los tres requisitos básicos: combustible, temperatura y oxígeno.

### **3.1 El triángulo del fuego.**

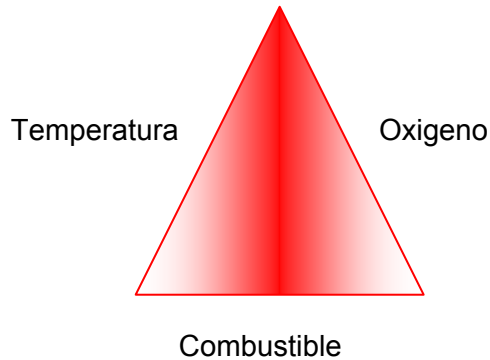
El fuego o combustión es un proceso de oxidación rápido que generalmente produce luz y calor. Anteriormente el fuego se representó por un triángulo. La teoría moderna de la combustión representa al fuego como un tetraedro, sin embargo, la teoría del triángulo de fuego describe adecuadamente el proceso de ignición. El fuego requiere de tres elementos para existir, siendo cada elemento dependiente de los otros para producir la combustión. Estos tres elementos son: oxígeno o agente oxidante, combustible o agente reductor y calor. Para que el fuego se inicie es necesario que estén presentes los tres elementos en la proporción y combinación adecuadas. Por tal razón, mantener separados los tres elementos del triángulo del fuego es la base para prevenir los incendios, y remover uno o más de estos elementos del triángulo para extinguirlos.

El primer componente del triángulo del fuego es el oxígeno; que el cual mantiene la combustión. Para la iniciación de un incendio es necesario que la atmósfera contenga por lo menos un 16% de oxígeno, aunque a veces se presentan en atmósferas que contienen una cantidad de oxígeno inferior al 16%; debido a que algunos elementos químicos o combinación de ellos pueden causar una liberación de oxígeno dentro del triángulo; estas sustancias son agentes de oxidación u oxidantes.

La segunda parte del triángulo de fuego es el combustible o agente reductor, el cual puede ser sólido, líquido o gaseoso. Cuando el combustible se encuentra en los estados sólido y líquido, debe sufrir algunos cambios para transformarse en gas e iniciar la combustión.

La tercera parte del triángulo es el calor; esta energía aumenta la temperatura del combustible al punto de desprender los suficientes vapores para que ocurra la ignición. El calor es también la forma de energía que causa la ignición.

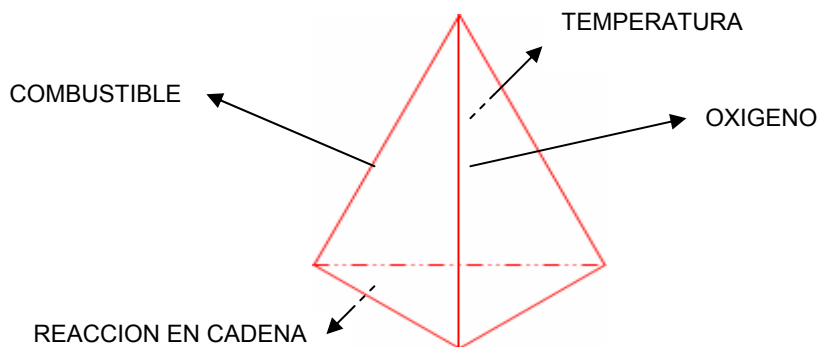
**Figura 12. Triangulo del fuego**



### 3.2 El tetraedro del fuego.

Debe existir un cuarto factor para que un incendio mantenga y aumente su tamaño. Este factor es la reacción en cadena que se produce entre el combustible y el agente oxidante. El triángulo de fuego se altera al incluir en él la reacción en cadena, formando una figura multidimensional con cuatro caras llamada tetraedro. A medida que el fuego arde, las moléculas del combustible se reducen a moléculas simples dentro de la llama. Mientras el proceso de combustión continúa, el aumento de temperatura hace que el oxígeno adicional sea atraído al área de llama, más moléculas se rompen, entran en reacción, alcanzan su punto de ignición, empiezan a arder y aumenta la temperatura, lo que demanda más oxígeno y continúa la reacción en cadena. Este proceso continuará hasta que las sustancias involucradas se trasladen a áreas más frías de la llama.

**Figura 13. Tetraedro de fuego**



### **3.3 Productos de la combustión y sus efectos sobre la seguridad de las personas**

La exposición a los productos de la combustión presenta múltiples riesgos para las personas, entre los más importantes se encuentran los efectos del calor, visión limitada por la opacidad del humo o la irritación de los ojos, narcosis debido a la inhalación de asfixiantes e irritación de las vías respiratorias. Estos efectos, a menudo simultáneos en un incendio, originan incapacidad física, pérdida de coordinación motriz, visión reducida, desorientación, falta de juicio y pánico. El consiguiente retraso o posibilidad de escapar, provoca lesiones o muertes debidas a la inhalación de gases tóxicos y a las quemaduras sufridas. Los supervivientes de un incendio pueden sufrir posteriores complicaciones pulmonares y lesiones originadas por quemaduras que les produzcan la muerte. Los efectos tóxicos inhalados dependen de la dosis recibida y ésta, a su vez, resulta influenciada por la intensidad de la respiración. Algunos componentes de los gases de la combustión dificultan la respiración mientras que otros la estimulan. En general, hay varios factores esenciales para el completo conocimiento de los efectos de los productos de la combustión sobre las personas.

#### **3.3.1 Gases de la combustión.**

El humo se compone de partículas líquidas y sólidas en suspensión y gases, que se emiten cuando un material sufre pirolisis o combustión<sup>1</sup>.

Los gases tóxicos suelen dividirse en tres tipos: asfixiantes, que producen narcosis (en toxicología se refiere a compuestos asfixiantes que afecta el sistema nervioso central, provocando pérdida de conocimiento y hasta la muerte); irritantes, que generan complicaciones sensoriales y pulmonares y otros gases que exhiben características tóxicas inusuales. La gravedad de los efectos depende de la dosis recibida, es decir de la concentración y tiempo de exposición, al aumentar la dosis aumenta la severidad. Aunque en la combustión se generan muchos asfixiantes, solo se han medido en

---

<sup>1</sup> ASTM. Standard Terminology Relating to Fire Standards. ASTM E 176-82, citado por Cote, Arthur. Manual de protección contra incendios. Tercera edición. Madrid. MAPFRE, 1986. p.126.

suficiente concentración, para causar efectos tóxicos agudos, el monóxido de carbono (CO) y el cianhídrico (HCN).

#### ➔ **Monóxido de carbono**

Aunque no es el más tóxico de los gases desprendidos en un incendio, si es uno de los más abundantes y constituye la mayor amenaza en la mayoría de los fuegos. En condiciones controladas de combustión, el carbono de la mayoría de los compuestos orgánicos puede oxidarse totalmente si se suministra oxígeno suficiente. Pero en las condiciones incontroladas de un incendio, el oxígeno no es el suficiente originando una oxidación incompleta que da como resultado que parte del carbono se transforme en monóxido de carbono.

La toxicidad del CO se debe fundamentalmente a su afinidad con la hemoglobina de la sangre. El monóxido de carbono se combina con la sangre para transportar oxígeno dificultando el intercambio gaseoso y disminuyendo el suministro de oxígeno a los tejidos del cuerpo (hipoxia).

#### ➔ **Cianuro de hidrógeno**

El cianhídrico (HCN) se genera por la combustión de materiales que contienen nitrógeno. Entre materiales naturales y sintéticos que lo producen, pueden citarse: lana, seda, nylon, polímeros de poliuretano y resinas ureicas. El HCN actúa rápidamente y es aproximadamente 20 veces más tóxico que el CO. No se combina con la hemoglobina pero inhibe la asimilación de oxígeno por las células (hipoxia histotóxica).

#### ➔ **Anhídrido carbónico**

Los incendios producen generalmente anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en grandes cantidades. Concentraciones moderadas de CO<sub>2</sub> aumentan el ritmo e intensidad de respiración, acelerando la inhalación de compuestos tóxicos e irritantes.

### ➔ **Oxígeno insuficiente**

Durante la combustión, se consume oxígeno ( $O_2$ ) de la atmósfera. Si el contenido de oxígeno baja de su nivel habitual (21%) hasta un 17%, disminuye la coordinación motriz. Si desciende hasta niveles entre el 14% y 10%, se permanece consciente pero se fatiga rápidamente y se comienza a perder el juicio. Entre 10% y 6% se pierde el conocimiento y si no se reaniman con oxígeno o aire fresco se puede morir.

### ➔ **Otros productos tóxicos**

El resto de productos tóxicos que se generan en un incendio dependen de muchas variables. Entre las principales: composición química del material en combustión, oxígeno disponible y temperatura. En general, los efectos producidos por estos tóxicos no han sido analizados y cuantificados para permitir una evaluación de los riesgos que supone su presencia en atmósfera de fuegos.

### **3.3.2 Calor.**

La combustión de la mayoría de los materiales es una reacción exotérmica de oxidación química. La energía generada se emite en forma de calor, por convección y radiación. Esta última representa la energía liberada que se manifiesta como llamas o luminosidad de un fuego.

El calor representa un peligro físico para las personas, provoca desde lesiones leves hasta la muerte. Las consecuencias de la exposición al aire caliente se ven amplificadas si la atmósfera del fuego contiene humedad ya que mejora la eficiencia de transmisión de calor. Si un exceso de calor alcanza rápidamente los pulmones puede producir caída de presión y conducir a un fallo respiratorio.

El principal efecto del calor sobre el hombre son las quemaduras, las cuales suelen clasificarse como de primer, segundo o tercer grado; a medida que aumente la temperatura disminuye el tiempo necesario para producir las.

La exposición a un exceso de calor también puede conducir a la muerte por hipertermia sin producir quemaduras y a un aumento del ritmo cardiaco que conlleva a una insuficiencia cardiovascular. La hipertermia se produce cuando la temperatura del cuerpo presenta un aumento considerable causando lesiones al sistema nervioso central.

Las víctimas a un incendio presentan a menudo un estado de shock, que aparece después de la exposición al calor; estas condiciones también pueden causar el aumento del ritmo cardiaco, de forma que se produzca la muerte en personas con problemas cardiovasculares.

### **3.3.3 Humo**

El humo se compone de partículas finamente divididas y líquido atomizado. Este se genera cuando la mayor parte de los materiales arden en condiciones de combustión incompleta. Dado que el humo oscurece el paso de la luz y dificulta la visibilidad de las salidas normalmente constituye el primer riesgo que se presenta en un incendio.

Aunque frecuentemente el humo proporciona una rápida alarma, hace cundir el pánico al impedir la visión y producir efectos irritantes. Las partículas aspiradas pueden afectar el sistema respiratorio. A veces las partículas son tan pequeñas que penetran hasta los pulmones, dañándolos. No existe ninguna relación entre el color del humo y la toxicidad de los gases presentes.

## **3.4 Teoría del control del fuego y de las explosiones**

En la combustión con llama hay cuatro modos distintos de control de fuego y las explosiones, comparado con la combustión sin llamas, en la que solo hay tres (ver Figuras 2.1 y 2.2). Nótese que el control de las explosiones, no resulta imprescindible a menos que haya gases en combustión presentes. Dichos gases podrían iniciar un fuego con llamas.

#### **3.4.1 Extinción por enfriamiento.**

En caso de incendio, el agua, aplicada en chorro directo o pulverización de gran ángulo, constituye el medio más eficaz para eliminar calor de los materiales combustibles ordinarios, tales como madera, papel, cartón y otros materiales utilizados en la construcción y mobiliario de edificios. El mecanismo de extinción depende del enfriamiento del combustible sólido, reduciéndolo y finalmente deteniendo la liberación de gases y vapores combustibles. Esta acción de enfriamiento genera vapor de agua, que diluye parcialmente la concentración de oxígeno ambiental en fuegos interiores o estructurales.

La eficacia de un agente extintor como medio de enfriamiento depende de su calor específico y calor latente, así como de su punto de ebullición. La superioridad de las propiedades extintoras del agua puede atribuirse a los valores relativamente altos de su calor específico y calor latente, y a su disponibilidad. Produce su efecto enfriador apartando el calor de las superficies sólidas que están ardiendo mediante una secuencia de acciones de conducción, evaporación y convección.

#### **3.4.2 Extinción por dilución de oxígeno.**

Como se ha dicho antes, el oxígeno puede estar presente en forma de gas libre en la atmósfera a una concentración del 20,9%, o combinado, en forma de productos tales como hipocloritos, cloratos, percloratos, nitratos, óxidos, etc.

El término “dilución” sólo puede aplicarse al estado gaseoso libre, puesto que en su estado combinado el oxígeno queda bloqueado dentro de la molécula y su dilución es imposible. De aquí que los productos químicos de esta categoría presenten siempre un alto riesgo y que estos métodos no den resultado en la lucha contra incendios cuando hayan grandes concentraciones de estas materias. El grado necesario de dilución del oxígeno para este objeto varía enormemente según el material o combinación de materiales combustibles que estén ardiendo. Más aún, los combustibles sólidos presentan su propia gama de demandas mínimas de oxígeno.

Los incendios que se producen en espacios cerrados consumen también, naturalmente, oxígeno; sin embargo, esta combustión del oxígeno no basta para que el fuego se apague por sí solo, porque la combustión en atmósfera con poco oxígeno, normalmente incompleta, da por resultado una copiosa producción de gases inflamables. La entrada inadvertida en un espacio cerrado que esté en estas condiciones o que tenga ventilación insuficiente constituye un peligro de explosión, o más bien “re-explosión”, como llaman los bomberos a este fenómeno.

La inundación total de espacios cerrados o semicerrados empleando dióxido de carbono para combatir un fuego, constituye un ejemplo típico de la utilización eficaz del principio de la dilución del oxígeno. Al aplicar localmente sistemas de dióxido de carbono se suprime otra característica de la llama -su velocidad- que varía según los combustibles. Un cono de descarga de dióxido de carbono arrastra aire, cuya velocidad residual y contenido de dióxido de carbono en una aplicación correcta superan desde un punto de vista dinámico la velocidad de la llama, produciendo su rápida extinción por el efecto combinado de la dilución del oxígeno y del “apagado” de la llama.

### **3.4.3 Extinción por eliminación del combustible.**

En la combustión con llama, los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan previamente, para lo que los primeros se destilan pirolíticamente y los segundos, sencillamente, se evaporan. En algunos casos, como en el de los termoplásticos, las materias sólidas se funden y a continuación se evaporan. Los gases combustibles no experimentan estos cambios antes de inflamarse.

La combustión superficial sin llama no necesita gasificación, puesto que se produce directamente en la superficie de contacto del sólido con el aire. De esta forma las velocidades de combustión son bajas comparadas con las de la modalidad con llama, ejemplos de este grupo son la madera, carbón vegetal, coque y metales combustibles.

De lo anterior se desprende que muchos materiales clasificados como combustibles poseen diferentes características que afectan al modo del control de fuego. Entre ellas se

incluyen amplia gama de temperaturas de ignición, límites superior e inferior de inflamabilidad en el aire, puntos de inflamación (en el caso de los líquidos), solubilidad en agua y actividad química (descomposición). En el caso de los combustibles sólidos, otro importante factor que afecta a la intensidad del fuego, es la forma en que se presenta (polvo, astillas, viruta, troncos o tablones) y su disposición (horizontal, vertical, entibada o apilada). En cada caso, el mismo combustible presentará características de combustión totalmente diferentes.

La eliminación del combustible puede lograrse directamente, apartando del fuego el material combustible, o indirectamente, separando por algún procedimiento los vapores del combustible en la combustión con llama o, en la que ocurre sin llama, cubriendo el combustible incandescente.

#### **3.4.4 Extinción por inhibición química de la llama.**

Los métodos de extinción por enfriamiento, por dilución del oxígeno y por separación del combustible son aplicables a todas las clases de fuegos, ya sean de combustión con llama o sin llama. La extinción por medio de la inhibición química de la llama es aplicable solamente a los casos de la combustión con llama. Lo más sobresaliente de este método es la extrema rapidez y la alta eficacia relativa con que llega a extinguir las llamas, tanto más que, si se ejecuta adecuadamente, es el único capaz de impedir que se produzca una explosión en una mezcla de gas y aire, o inclusive en una mezcla de gas y oxígeno.

La extinción por inhibición de la llama sólo es posible cuando no se permite a las especies activas  $\text{OH}^*$ ,  $\text{H}^*$  y  $\text{O}^*$  que cumplan su papel de mantener la llama. Se emplean para ello agentes extintores que cumplan esta función. Estos agentes extinguen las llamas con eficacia y rapidez; sin embargo, no sirven para combatir los fuegos incandescentes, excepto en ciertas condiciones especiales.

### 3.5 Clasificación del fuego

La norma NFPA 10 Standard for Portable Fire Extinguishers clasifica el fuego en cuatro categorías de la siguiente forma.

#### ➔ Fuegos Clase A

Fuegos de materiales combustibles ordinarios con generación de llamas y brasas (tales como madera, papel, caucho y muchos plásticos), para su extinción requieren los efectos de absorción de calor (enfriamiento) por parte del agua o algunas soluciones acuosas o los efectos de recubrimiento de determinados polvos químicos que retardan la combustión.

#### ➔ Fuegos Clase B

Fuegos de líquidos combustibles, cuya extinción se logra eliminando el oxígeno, impidiendo la emisión de vapores combustibles o interrumpiendo la reacción en cadena de la combustión.

#### ➔ Fuegos Clase C.

Fuegos de equipos eléctricos, para su extinción han de emplearse agentes no conductores.

#### ➔ Fuegos Clase D.

Fuegos de metales combustibles (magnesio, titanio, potasio, etc.), se consideran fuegos especiales, y para su extinción se necesitan agentes extintores específicos para cada caso que no reaccionen con los metales en combustión<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Cote, Arthur. Manual de protección contra incendios. Tercera edición. Madrid. MAPFRE, 1986. p. 1774 – 1775.

#### **4 ANALISIS DEL RIESGO Y VULNERABILIDAD DE INCENDIO EN LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UIS**

En este capítulo se hallara el riesgo y vulnerabilidad de incendio de las edificaciones de la UIS, para así poder reconocer el estado en el que se encuentran y realizar las medidas concernientes que se deben tomar de acuerdo a los objetivos planteados. En donde se busca priorizar las edificaciones que deben tener red interna de contra incendios, además de aportar recomendaciones que reducen la vulnerabilidad actual.

##### **➔ Metodología**

Las siguientes actividades representan los pasos que se siguieron en la consecución del riesgo y la vulnerabilidad de incendio de los edificios de la UIS

- Documentación de la información necesaria, investigando las normas existentes regionales, nacionales e internacionales, para la prevención y control de incendios en edificaciones relacionadas con las ubicadas en el campus central.
- Selección de las edificaciones a estudiar y análisis del riesgo utilizando las especificaciones obtenidas de la normatividad.
- Revisión de los criterios importantes a tener en cuenta para la inspección visual y global realizada en los edificios.
- Elaboración de los formatos:
  - “Inspección de Vulnerabilidad en los Edificios de la UIS”
  - “Calificación de vulnerabilidad y Riesgo” (ver ANEXO 4.)
- Se realizó una inspección visual y se recolectó información necesaria concerniente a las protecciones pasivas y activas de las edificaciones, contando para ello con un permiso de acceso a todas las áreas físicas de la universidad.
- Análisis de los resultados de la vulnerabilidad, conclusiones, recomendaciones y priorización de los edificios.

#### 4.1 Selección de las edificaciones a estudiar y análisis del riesgo utilizando las especificaciones obtenidas de la normatividad

De acuerdo con las edificaciones pertenecientes al campus central de UIS, se tomaron para el estudio las que representaran un área considerable y fueran significativas en esta clase de estudio.

Los siguientes resultados se obtuvieron de la normatividad, en donde se presenta un tipo de edificaciones características que facilita la clasificación del riesgo.

**Tabla 5. Identificación del riesgo**

<b>NOMBRE DEL EDIFICIO</b>	<b>No de PISOS</b>	<b>RIESGO</b>
<b>AA ACADEMICA</b>		
1. VESTIERES Y SERVICIOS VARIOS	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
2. PLANTA DE ACEROS	3	moderado
3. EDIFICIO FISICO-QUIMICA "JORGE BAUTISTA"	4	leve
4. EDIFICIO FISICO-MECANICAS "LABORATORIO PESADOS"	4	leve
5. EDIFICIO MUSICA Y ARTES "DANIEL CASAS"	3	leve
<b>AB ACADEMICA</b>		
1. EDIFICIO CIENCIAS HUMANAS E INSTITUTO DE LENGUAS	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
2. EDIFICIO DE TRABAJO SOCIAL	2	leve
3. PARQUEADERO UIS	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
4. GRUPO DE ALBAÑILERIA	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
5. LABORATORIOS LIVIANOS	4	moderado
6. EDIFICIO INVESTIGACIONES Y POSTGRADO	3	moderado
7. EDIFICIO AULAS CAMILO TORRES	4	leve
8. GIMNASIO	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
9. EDIFICIO DE INGENIERIA QUIMICA	3	moderado
10. CAPRUIS Y FAVUIS	2	leve
11. AULA MAXIMA DE CIENCIAS	1	leve
12. EDIFICIO CICELPA E INVESTIGACIONES	4	moderado
13. EDIFICO DISEÑO INDUSTRIAL "FEDERICO MAMITZA BAYER"	3	leve
14. LABORATORIO DE HIDRAULICA	2	leve
15. EDIFICIO MAQUINAS ELECTRICAS Y ALTA TENSION	2	leve

16. TALLERES DE DISEÑO INDUSTRIAL	1	Leve
17. INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	4	leve
<b>AC ACADEMICA</b>		
1. CANCHAS	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
2. EDIFICIO MANTENIMIENTO TECNOLOGICO	1	moderado
3. EDIFICIO DIVISION PLANTA FISICA	1	leve
4. EDIFICIO INGENIERIA MECANICA	3	leve
5. AULA MAXIMA DE MECANICA	1	leve
6. BIBLIOTECA*	4	leve
7. CAFETERIA	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
8. EDIFICIO DE CIENCIAS HUMANAS II	3	leve
9. EDIFICIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL	3	leve
10. EDIFICIO DE FISIOLOGIA Y MORFOLOGIA VEGETAL	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
<b>B BIENESTAR</b>		
1. BIENESTAR UNIVERSITARIO	3	moderado
2. ASEDUIS "LA PERLA"	1	moderado
<b>C ADMINISTRATIVA</b>		
1. ADMINISTRACION CENTRAL	4	moderado
2. EDIFICIO PUBLICACIONES Y EDUCACION A DISTANCIA	4	moderado
3. TEATRO AL AIRE LIBRE "JOSE ANTONIO GALAN"	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
4. CIENCIAS HUMANAS	5	moderado
<b>D CULTURAL</b>		
1. PORTERIA	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
2. AUDITORIO LUIS A. CALVO	2	leve
<b>E DEPORTIVA</b>		
1. CANCHAS DE TENNIS	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
2. CANCHA DE FUTBOL NORTE	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
3. POLIDEPORTIVO	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
4. RESIDENCIAS UNIVERSITARIAS	3	leve
5. DIAMANTE DE BEISBOL	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
6. PLAZOLETA Y KIOSCO DEPORTIVO	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx
7. ESTADIO PRIMERO DE MARZO	xxxxxxxxx	xxxxxxxxx

Se marcan con equis "xxxxxxxx" los que nos se tendrán en cuenta.

\*El edificio de Biblioteca no se tendrá en cuenta para el estudio de la vulnerabilidad, puesto que ya existe un proyecto de grado de ing. Mecánica<sup>3</sup> en el que se realizó la red contra incendios interna.

<sup>3</sup> *Diseño básico del sistema contra incendios para la biblioteca central de la Universidad Industrial de Santander*

**NOTA:** El edificio de biblioteca aún no posee un sistema de contra incendios de tubería húmeda , donde se proteja la seguridad humana; para el cual se desarrollo un prediseño en un proyecto de grado, pero exento de un sistema de protección del patrimonio de la biblioteca, que en este caso serian los libros los cuales se echarían a perder, debido a esto el proyecto no ha sido tenido en cuenta por el sector administrativo, luego se recomienda desarrollar un estudio para determinar la viabilidad de implementar el sistema de incendios de tubería húmeda y complementarlo con una red de rociadores de tubería seca.

#### **4.2 Revisión de los criterios importantes a tener en cuenta para la inspección visual y global realizada en los edificios.**

De acuerdo con el ANEXO 3 “Parámetros para la protección de la vulnerabilidad”, se llevo a cabo un estudio para determinar los parámetros mas importantes a tener en cuenta en el escenario de incendio para la Universidad Industrial de Santander.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad a la falla de un artefacto. Para la evaluación de la vulnerabilidad se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Criterio de evaluación
- Tipo de perdidas de interés
- Escenarios de interés

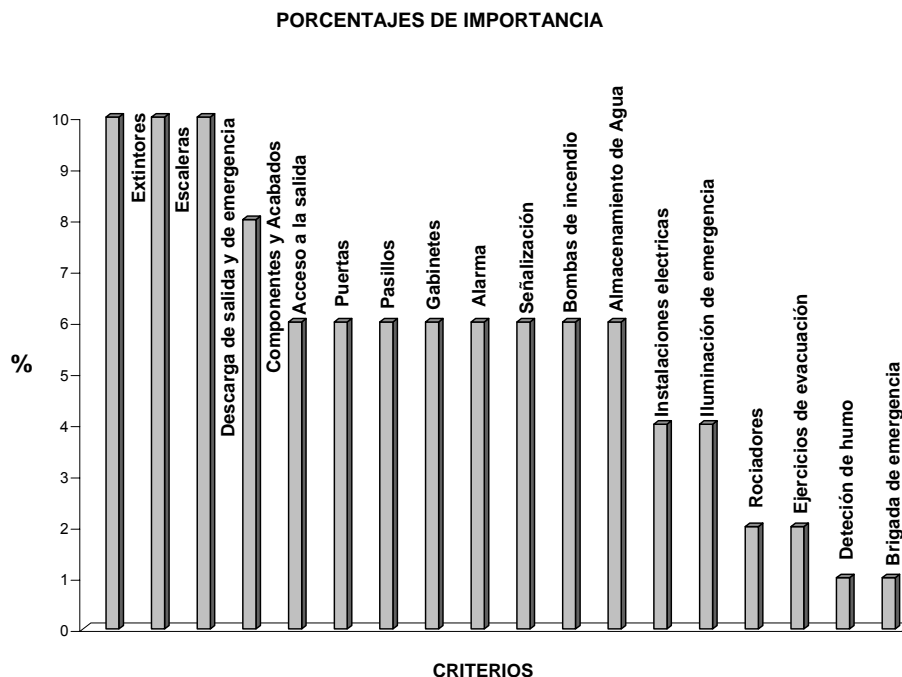
Los criterios ha tener en cuenta en la evaluación de los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones del campus universitario de forma global, serán respecto a protecciones pasivas y activas, estudiadas de acuerdo a las normatividades existentes mencionadas el capitulo 4 parámetros para la protección de la vulnerabilidad, determinando los de mayor interés y asignándoles un porcentaje dependiendo del tipo de perdida de interés que serán de tipo humano en el marco de un escenario de incendio.

**Tabla 6. Criterios de evaluación de la vulnerabilidad de incendio**

<b>Criterios de evaluación</b>	<b>%</b>
Protecciones Pasivas	
Acceso a la salida	6
Puertas	6
Pasillos	6
Escaleras	10
Componentes y Acabados	8
Descarga de salida y de emergencia	10
Instalaciones eléctricas	4
Protecciones Activas	
Extintores	10
Gabinetes	6
Rociadores	2
Alarma	6
Detección de humo	1
Iluminación de emergencia	4
Señalización	6
Ejercicios de evacuación	2
Bombas de incendio	6
Brigada de emergencia	1
Abastecimiento de Agua	6
Total	100

Estos porcentajes corresponden al cumplimiento de cada uno de los parámetros con respecto a normatividad, y fueron escogidos por su importante papel en la prevención, control de fuego y la evacuación de las personas que se encuentran en su interior.

**Figura 14. Porcentajes de importancia**



#### 4.2.1 Niveles de vulnerabilidad

##### ➤ Vulnerabilidad Baja

Cuando sus protecciones activas se encuentran en óptimas condiciones y sea el sistema adecuado para el control del posible evento de incendio, además de contar con sistemas de protección pasiva que ayuden a preservar la vida humana

##### ➤ Vulnerabilidad Media

Cuando la edificación cuenta con protecciones activas en condiciones aceptables, pero es el sistema adecuado para el control de un posible evento de incendio, además de contar con buenas protecciones pasivas que ayudan a preservar la vida humana total o medianamente.

##### ➤ Vulnerabilidad Alta

Cuando las protecciones activas son deficientes o no existen, pero cuenta con protecciones pasivas que ayudan a preservar la vida humana medianamente.

### ➤ Vulnerabilidad Muy Alta

Cuando las protecciones activas son deficientes o no existen y además las protecciones pasivas no ayudan o ayudan a medias a preservar la vida humana.

## 4.2.2 Evaluación de la vulnerabilidad

### ➤ Proceso de calificación <sup>4</sup>

El porcentaje de calificación de cada uno de los criterios se da de acuerdo al cumplimiento de cada uno de estos con respecto a la norma.

La calificación de las edificaciones solo se hará en base a los criterios de evaluación que sean aplicables con respecto a las protecciones pasivas, es decir cuando uno de esos criterios no sea aplicable será restado de la calificación total.

**Calificación total máxima posible** =  $100\% - \sum$  (Criterios de evaluación de protecciones pasivas no aplicables a esa edificación en particular)

**Calificación total** =  $(\sum$  (Criterios de evaluación aplicables a esa edificación en particular) \* 100%) / Calificación total máxima posible

**Porcentaje de vulnerabilidad** = Calificación total máxima posible - Calificación total

Obteniendo así que la evaluación de la vulnerabilidad esta dada por el porcentaje de vulnerabilidad como lo indica la siguiente tabla:

**Tabla 7. Vulnerabilidad de incendio**

%Calificación		Vulnerabilidad
100	60	muy alta
59.99	40	alta
39.99	25	media
24.99	0	baja

<sup>4</sup> Sistema de calificación obtenido de tesis de grado "vulnerabilidad y riesgo de incendio en edificaciones de ocupación institucional de salud o incapacidad en el área metropolitana de Bucaramanga"

### **4.3 Inspección de vulnerabilidad**

Se realizó una inspección visual y se recolectó información necesaria concerniente a las protecciones pasivas y activas de las edificaciones, contando para ello con un permiso de acceso a todas las áreas físicas de la universidad.

Los formatos de inspección se encuentran archivados en formato escrito, solo se transcribieron los resultados.

#### **4.3.1 Reseña de la inspección de vulnerabilidad**

La evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones del campus central de la UIS, nos permitió observar los aspectos que no se han tenido en cuenta para la prevención, control del fuego y la evacuación de las personas de acuerdo a las normatividades existentes (NFPA, NSR98, ICONTEC).

De la inspección se pudo concluir que a las protecciones activas no se le ha dado casi ninguna importancia, es así como observamos que en la totalidad de edificaciones, a excepción del Auditorio Luís A. Calvo, que cuenta con una red interna contra incendio, no encontramos a ningún otro con sistema de gabinetes, rociadores, alarma, aparatos de detección de humo, iluminación de emergencia, señalización, bombas de incendio y solo un ocupante dijo reconocer los ejercicios de evacuación; además, en un gran porcentaje de edificaciones no se encuentran extintores y donde sí existen algunos se encuentran descargados. También se observó la tendencia de los ocupantes a utilizar los extintores como ropero y a ocultarlos, moverlos de su sitio porque interfieren en el paso o aduciendo que dan mala presentación.

En lo que se refiere a las protecciones pasivas se observó que las puertas y pasillos fueron los que más cumplieron con la normatividad, la totalidad de las escaleras cumplen con los anchos mínimos, pero presentan pasamanos a un solo lado y solo en las de administración se encuentra borde antideslizante. En diferentes edificios se encontraron divisiones en madera utilizadas para separación de oficinas, y en varias oficinas su techos

estaban cubiertos de cielo raso en icopor; se observaron casos como el del edificio de Ingeniería Industrial, que las paredes de algunas oficinas y salas de conferencias, están enchapadas en madera y en el edificio de música existen cubículos de madera y se encuentran la mayoría enchapados con cartones de huevo.

Con respecto a las instalaciones eléctricas se marco la tendencia de algunos laboratorios a sobrecargar las líneas con instalaciones “piratas”; en la mayoría de edificios se encuentran en el exterior sostenidas por un armazón en hierro esto facilitando las conexiones peligrosas; también se apreciaron cajas de tacos sobrecargadas y sin protección,

Se encuentran edificios que cuentan con salidas de emergencia hacia pasillos exteriores pero algunas de sus rejas permanecen bloqueadas y no existe señalización que guíe a los ocupantes al piso de evacuación permitiendo que estos continúen hacia los sótanos donde no existen salidas.

#### **4.4 Análisis de los resultados de la vulnerabilidad, conclusiones, recomendaciones y priorización de los edificios.**

Los resultados de esta inspección fueron digitalizados y procesados y se encuentran en un archivo adjunto.

[evaluacion vulnerabilidad minimizada.xls](#)

A continuación se presenta un cuadro resumen en donde se muestra la vulnerabilidad actual de los edificios y la que se obtendría si se atendieran las recomendaciones que se harán mas adelante.

Tabla 8. Riesgo y Vulnerabilidad inicial y final

NOMBRE DEL EDIFICIO	No de PISOS	RIESGO	VULNERABILIDAD		VULNERABILIDAD	
			INICIAL	%	FINAL	%
		según ICONTEC 1669	NIVEL		NIVEL	
<b>AA ACADEMICA</b>						
2. PLANTA DE ACEROS	3	moderado	muy alta	67,0	media	39,0
3. EDIFICIO FISICO-QUIMICA "JORGE BAUTISTA"	4	leve	muy alta	64,0	media	38,5
4. EDIFICIO FISICO-MECANICAS "LABORATORIO PESADOS"	4	leve	alta	56,5	media	34,0
5. EDIFICIO MUSICA Y ARTES "DANIEL CASAS"	3	leve	muy alta	62,2	media	38,9
<b>AB ACADEMICA</b>						
2. EDIFICIO DE TRABAJO SOCIAL	2	leve	alta	53,3	media	35,6
5. LABORATORIOS LIVIANOS	4	moderado	muy alta	65,5	alta	40,5
6. EDIFICIO INVESTIGACIONES Y POSTGRADO	3	moderado	muy alta	70,0	alta	43,3
7. EDIFICIO AULAS CAMILO TORRES	4	leve	alta	56,7	media	35,6
9. EDIFICIO DE INGENIERIA QUIMICA	3	moderado	muy alta	66,0	media	39,0
12. EDIFICIO CICELPA E INVESTIGACIONES	4	moderado	muy alta	58,9	media	38,9
13. EDIFICO DISEÑO INDUSTRIAL "FEDERICO MAMITZA BAYER"	3	leve	muy alta	60,5	media	35,6
14. LABORATORIO DE HIDRAULICA	2	leve	alta	55,6	media	35,0
15. EDIFICIO MAQUINAS ELECTRICAS Y ALTA TENSION	2	leve	muy alta	62,2	media	37,8
17. INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	4	leve	alta	58,0	media	33,5
<b>AC ACADEMICA</b>						
2. EDIFICIO MANTENIMIENTO TECNOLOGICO	1	moderado	muy alta	65,0	alta	41,1
3. EDIFICIO DIVISION PLANTA FISICA	1	leve	alta	59,5	media	34,5
4. EDIFICIO INGENIERIA MECANICA	3	leve	alta	58,9	media	35,6
8. EDIFICIO DE CIENCIAS HUMANAS II	3	leve	alto	56,5	media	38,9
9. EDIFICIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL	3	leve	alta	61,1	media	37,8
<b>B BIENESTAR</b>						
1. BIENESTAR UNIVERSITARIO	3	leve	muy alta	58,0	media	33,0
<b>C ADMINISTRATIVA</b>						
1. ADMINISTRACION CENTRAL	4	leve	alta	45,5	media	33,5
2. EDIFICIO PUBLICACIONES Y EDUCACION A DISTANCIA	4	moderado	muy alta	60,5	media	38,5
4. CIENCIAS HUMANAS	5	leve	muy alta	61,5	media	34,4
<b>E DEPORTIVA</b>						
4. RESIDENCIAS UNIVERSITARIAS	3	leve	muy alta	65,6	media	38,9

#### **4.4.1 Conclusiones del estudio de Vulnerabilidad**

- Debido a los resultados de la vulnerabilidad obtenidos, los cuales se encuentran entre alta y muy alta, existe gran probabilidad de que se vea afectada la seguridad de las vidas humanas, en el caso de presentarse un escenario de incendio en cualquiera de las edificaciones.
- Existe la posibilidad de grandes pérdidas económicas por los daños en los equipos determinados de cada edificio, que van desde computadores hasta dispositivos especializados.
- Se presentan diferentes usos dentro una misma edificación, es decir están siendo usadas para uso administrativo, educativo, mecánico, investigativo etc. Y además dando usos diferentes para los cuales no han sido construidas las edificaciones.
- Observamos que además de que las edificaciones se encuentran en riesgo de incendio, la vulnerabilidad que presentan es muy grande, debido en mayor parte a la falta de protecciones activas, y de una administración de prevención de desastres.
- Las personas no tienen el conocimiento del riesgo y esto conlleva a un estado de relajación que es un agravante de la situación.
- Se encuentra que los edificios de Laboratorio de Post-gradados, Laboratorio de livianos, y Mantenimiento tecnológico presentan el mayor peligro ante un evento de incendio, puesto que su riesgo es moderado y su vulnerabilidad a pesar de ser disminuida siguen estando en nivel alto.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado se analizan las posibilidades del diseño de red interna contra incendios, en el caso de Mantenimiento tecnológico se opta por descartarlo puesto que es un edificio de una sola planta y que cuenta con poca población, lo cual no justificaría la inversión, lo mejor sería aplicar a las recomendaciones.

Y en cuanto a los edificios de laboratorio de livianos y de postgrados, debido a su alta carga ocupacional, al patrimonio perteneciente y por ser no solo un edificio sino un sector en el cual se pueden realizar algunas aplicaciones de orden técnico para minimizar la inversión.

La opción de diseño que se recomienda es la instalación de gabinetes en cada piso que cumplan con todas las normatividades planteadas, siendo la opción más económica y funcional, porque brindan una vía de salida segura, además existe personal que se puede capacitar para el manejo (brigada de incendio).

Los rociadores en estas edificaciones no son muy funcionales, ya que en su mayoría son laboratorios, donde se presentan constantemente humos intencionales y controlados que dispararían las alarmas, además se incrementaría el costo, ya que estos sistemas se recomiendan es su mayor parte cuando los edificios hasta ahora se construyen.

#### **4.4.2 Recomendaciones del estudio de vulnerabilidad**

A continuación se mencionan algunas recomendaciones que deben ser llevadas a cabo para disminuir la alta vulnerabilidad en la que se encuentran los edificios del campus universitario, las cuales son de fácil aplicación y bajos costos.

##### **➤ Recomendaciones Generales**

Las siguientes son recomendaciones generales que se deben desarrollar en la totalidad de los edificios.

- Instalar pasamanos en el costado faltante de las escaleras, además colocar cintas antideslizantes en las huellas.
- Se recomienda hacer una revisión general del sistema eléctrico, para evitar posibles sobrecargas y cortos eléctricos que puedan generar un incendio.
- Ubicar de manera urgente una serie de extintores en cada piso, además de señalizar, localizar en lugares visibles y dejar instrucciones de uso.

- Se debería realizar ejercicios de evacuación, crear brigadas de emergencia y entrenar al personal en el correcto uso de extintores.
- Colocar señalización necesaria para ubicar las salidas.

➤ **Recomendaciones Especificas**

**Tabla 9. Recomendaciones especificas**

<b>NOMBRE DEL EDIFICIO</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>EXTINTORES</b>
<b>AA ACADEMICA</b>		
2. PLANTA DE ACEROS	Instalar una puerta para la salida de emergencia en el portón que se encuentra en el sótano de la edificación.	Sótano: 2 extintores. Clase D Primer Piso: 1 extintor POS ABC Segundo piso: 1 extintor POS ABC
3. EDIFICIO FISICO-QUIMICA "JORGE BAUTISTA"	Habilitar las salidas de emergencia que se encuentran en los costados y el portón ubicado en el sótano del edificio.	Sótano: 4 extintores POS ABC Primer Piso: 4 extintores solkaflan Segundo piso: 6 extintores solkaflan Tercer piso: 4 extintores solkaflan
4. EDIFICIO FISICO-MECANICAS "LABORATORIO PESADOS"		Sótano: 9 extintores solkaflan Primer Piso: 10 extintores solkaflan Segundo piso: 9 extintores solkaflan Tercer piso: 8 extintores solkaflan
5. EDIFICIO MUSICA Y ARTES "DANIEL CASAS"	Debido a que los terminados son con alfombra y cartones de huevo se incrementa la vulnerabilidad, señalar la prohibición de fumar o entrar con elementos que puedan generar incendio a este edificio. Prohibir el uso de los ductos de tuberías para diferentes usos.	Primer Piso: 1 extintor solkaflan, 4 extintores de agua 2.1/2 gal. Segundo piso: 1 extintor solkaflan, 3 extintores de agua 2.1/2 gal. Tercer piso: 2 extintores solkaflan, 2 extintores de agua 2.1/2 gal.
<b>AB ACADEMICA</b>		
2. EDIFICIO DE TRABAJO SOCIAL	El pasamanos existente no esta cumpliendo con ningún uso debido a su altura 1.18 m, la cual es demasiado alta para que una persona promedio se pueda apoyar, se debe revisar y disminuir su altura además de Instalar pasamanos en el costado faltante de las escaleras y colocar cintas antideslizantes en las huellas.	Primer Piso: 1 extintor solkaflan "liquidaciones" Segundo piso: 1 extintor de agua 2.1/2 gal.
5. LABORATORIOS LIVIANOS	En el sótano de este edificio se encuentra el almacén de química, el cual se halla en estado muy regular, se encuentran sustancias mal almacenadas y esparcidas por el piso; realizar una inspección más detallada y específica que permita dar soluciones correctivas al problema en particular. En el sótano se encuentran 9 extintores mal ubicados y no señalizados.	Primer Piso: repartir 17 extintores en toda el área (verificar los usos) Segundo piso: repartir 12 extintores en toda el área (verificar los usos) Tercer piso: repartir 19 extintores en toda el área (verificar los usos)

<p>5. LABORATORIOS LIVIANOS</p>	<p>Existe un ascensor no señalizado y fuera de funcionamiento, los accesos al mismo se encuentran en mal estado, se recomienda dar solución inmediata.</p> <p>En el prime piso costado sur, existe un caso extremo en el cual las personas no cuentan sino con una salida y además de esto es por el ducto de las tuberías, que cabe aclarar comunica todos los pisos y puede ser una fuente de esparcimiento del humo y fuego. Prohibir el paso por estos ductos y habilitar las salidas existentes para su debido uso.</p> <p>Las salidas de emergencia del costado sur se encuentran bloqueadas así como la reja que comunica con la calle, buscar resolver el problema porque será un punto crítico al momento de una evacuación.</p> <p>El edificio se encuentra en alto riesgo debido a diferentes factores, en la mayoría del edificio se encuentra gran cantidad de gases, químicos y diferentes materiales volátiles. El uso de la edificación es variado, cubículos de profesores, aulas, laboratorios, salas de cómputo y oficinas, haciendo más difícil su caracterización.</p> <p>Se recomienda el diseño de un sistema de red interna contra incendios que ayude a mitigar la gran vulnerabilidad bajo la que se encuentra el edificio.</p>	
<p>6. EDIFICIO INVESTIGACIONES Y POSTGRADO</p>	<p>Todos los pisos cuentan con laboratorios que trabajan con gases y sustancias volátiles, se recomienda llevar un control y revisión del almacenamiento.</p> <p>En el primer piso se encontró el peor estado del cableado eléctrico de toda la universidad, se recomienda hacer una revisión general del sistema eléctrico, para evitar posibles sobrecargas y cortos eléctricos que puedan generar un incendio.</p> <p>Se recomienda el diseño de un sistema de red interna contra incendios que ayude a mitigar la gran vulnerabilidad bajo la que se encuentra el edificio.</p> <p>En este edificio se encuentra gran cantidad de aparatos especializados y de alto costo, los cuales deben ser protegidos por ser patrimonio de la universidad.</p>	<p>Primer Piso: 5 extintores POS ABC  Segundo piso: 1 extintor POS ABC  Tercer piso: 2 extintores POS ABC y 3 solkaflan</p>

7. EDIFICIO AULAS CAMILO TORRES	Es un edificio específicamente de aulas, y se esta modernizando con salas de computadores, tiene comunicación directa al edificio de laboratorios livianos, por lo cual hay que prevenir el paso con buena señalización de las salidas al exterior en el caso de un evento de incendio. Revisar los pasamanos de los pasillos los cuales son prefabricados de concreto, algunos se encuentran flojos y podrían caer a los pisos inferiores.	Primer Piso: 1 extintor solkaflan y 3 de agua 2.1/2 gal Segundo piso: 1 extintor solkaflan y 3 de agua 2.1/2 gal Tercer piso: 1 extintor solkaflan y 3 de agua 2.1/2 gal Cuarto piso: 1 extintor solkaflan y 3 de agua 2.1/2 gal
9. EDIFICIO DE INGENIERIA QUIMICA	En el sector del sótano se encuentra una sobrecarga eléctrica la cual esta en proceso de reparación; se encuentra cerca del almacenamiento de gases. Se debe organizar el laboratorio de mejor manera evitando que esto no suceda.	Sótano A: 2 extintores POS ABC Sótano B y C: 2 extintores POS ABC Primer Piso: repartir 9 extintores en toda el área (verificar los usos) Segundo piso: repartir 9 extintores en toda el área (verificar los usos)
12. EDIFICIO CICELPA E INVESTIGACIONES	En el sector de investigaciones en el primer piso se encontraron casos de instalaciones eléctricas al exterior y sobrecargadas, se recomienda hacer una revisión general, para evitar cortos eléctricos que puedan generar un incendio. En el sector del CEIAM existen dos extintores que se encuentran descargados, se recomienda recargar inmediatamente.	Primer Piso: 1 extintor POS ABC Segundo piso: 1 extintor solkaflan
13. EDIFICO DISEÑO INDUSTRIAL "FEDERICO MAMITZA BAYER"	Modernizar los modulares de los cubículos para los profesores en el tercer piso.	Primer Piso: 2 extintores solkaflan y 2 de agua 2.1/2 gal Segundo piso: 2 extintores solkaflan y 2 de agua 2.1/2 gal Tercer piso: 5 extintores solkaflan
14. LABORATORIO DE HIDRAULICA	En el pasillo del segundo piso existe una vigueta en acero muy baja, debe buscarse un tipo de solución para que no obstruya la vía de evacuación.	Primer Piso: 1 extintor POS ABC Segundo piso: 2 extintores solkaflan
15. EDIFICIO MAQUINAS ELECTRICAS Y ALTA TENSION		Primer Piso: 1 extintor de agua 2.1/2 gal Segundo piso: 2 extintores solkaflan y 2 extintores POS ABC
16. TALLERES DE DISEÑO INDUSTRIAL	Se recomienda hacer limpieza constante del material sobrante para evitar acumulación que pueda aumentar la vulnerabilidad.	Primer Piso: 1 extintor POS ABC y 1 extintor de agua 2.1/2 gal.

17. INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		Sótano: 1 extintor solkaflan Primer Piso: 1 extintor solkaflan y 1 extintor de agua 2.1/2 gal Segundo piso: 2 extintor de agua 2.1/2 gal Tercer piso: 2 extintor de agua 2.1/2 gal
<b>AC ACADEMICA</b>		
2. EDIFICIO MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO Y 3. EDIFICIO DIVISION PLANTA FISICA	El uso que se le esta dando a la edificación es variado, debería buscarse ubicar el sector de oficinas de Planta física en otro edificio o dejarlo solo para este uso. Habilitar una salida de emergencia por el extremo oriente de la edificación. El sector de Planta física que se encuentra en el segundo piso y solo tiene un acceso, el cual es por medio de una escaleras que descargan al primer piso en los talleres de mantenimiento, dejándolo sin salidas en el caso de incendio; debe buscarse la forma de diseñar unas escaleras de emergencia en caso de evacuación. Los pasillos y las salidas en el sector de mantenimiento se encuentran obstruidos por diferentes objetos, los cuales deben ser reubicados para facilitar el desplazamiento.	Primer Piso: 1 extintor POS ABC Segundo piso: 2 extintores solkaflan
4. EDIFICIO INGENIERIA MECANICA		Laboratorios: 3 extintores POS ABC Primer Piso: 2 extintores solkaflan Segundo piso: 1 extintor solkaflan y 2 de agua 2.1/2 gal. Tercer piso: 1 extintor solkaflan y 2 de agua 2.1/2 gal.
8. EDIFICIO DE CIENCIAS HUMANAS II	Se recomienda habilitar la reja que permite la salida del primer piso en el sector de computadores Arias.	Primer Piso: 1 extintor de agua 2.1/2 gal Segundo piso: 4 extintor de agua 2.1/2 gal y 2 solkaflan Tercer piso: 4 extintor de agua 2.1/2 gal
9. EDIFICIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL		Sótano: 1 extintor solkaflan Primer Piso: 4 extintores de agua 2.1/2 gal y 2 solkaflan Segundo piso: 1 de agua 2.1/2 gal y 5 solkaflan Tercer piso: 1 extintor de agua 2.1/2 gal

<b>B BIENESTAR</b>		
1. BIENESTAR UNIVERSITARIO	En el primer piso de este edificio se encuentra gran cantidad de aparatos especializados para uso medico y de alto costo, los cuales deben ser protegidos por ser necesarios para la atención de pacientes y patrimonio físico de la universidad. En el sector de consultorios solo existe un extintor, que dicen se encuentra en recarga pero no se sabe exactamente	Sótano: 2 extintores. solkaflan Primer Piso: 4 extintor solkaflan Segundo piso: 3 extintor solkaflan Tercer piso: 3 extintor solkaflan
<b>C ADMINISTRATIVA</b>		
1. ADMINISTRACION CENTRAL		Cuarto piso: 1 extintor solkaflan
2. EDIFICIO PUBLICACIONES Y EDUCACION A DISTANCIA	La salida del sótano no cumple la distancia de recorrido, se debe habilitar una salida de emergencia la cual se encuentra bloqueada. Se deben arreglar algunos cielos rasos que pueden caer y ocasionar accidentes. El seguro social en su visita les recomendó la instalación de un sistema de apagado automático de los aparatos eléctricos para el sector de archivo, tener en cuenta para horas en las cuales este vació el sector. El sector de asesorías jurídicas solo tiene una salida, además las escaleras no cumple con las normatividades, colocar señalización correspondiente para tener precaución en caso de emergencia.	Sótano: 2 extintor solkaflan Primer Piso: 2 extintor solkaflan Segundo piso: 2 extintor solkaflan Tercer piso: 1 extintor solkaflan
4. CIENCIAS HUMANAS	El 5to piso tiene problemas con la distancia de recorrido se debe tratar de colocar suficientes señalizaciones para mitigar este punto critico.	Primer Piso: 1 extintor solkaflan Segundo piso: 3 extintores solkaflan Tercer piso: 3 extintores solkaflan Cuarto piso: 1 extintor solkaflan Quinto piso: 3 extintores solkaflan
<b>E DEPORTIVA</b>		
4. RESIDENCIAS UNIVERSITARIAS	El sistema eléctrico se encuentra sobrecargado debido a la gran cantidad de cocinetas eléctricas, las cuales se encuentran en las habitaciones de los estudiantes, se debe revisar este caso y buscar una salida correctiva.	Primer Piso: 1 extintor de agua 2.1/2 gal Segundo piso: 1 extintor de agua 2.1/2 gal Tercer piso: 1 extintor de agua 2.1/2 gal

## 5 PREDISEÑO DE LA RED HIDRAULICA INTERNA CONTRA INCENDIOS

A continuación se presentaran las edificaciones que se han escogido, para efectuar un prediseño, con respectivo presupuesto

### 5.1 Edificaciones

Según el análisis de riesgo y vulnerabilidad realizado en el campus universitario se encontró que:

**Tabla 10. Edificaciones priorizadas para el prediseño de la red contra incendios**

Edificios	Riesgo	Vulnerabilidad
“Investigaciones y postgrado”	moderado	Alta
“Laboratorio de Livianos”	moderado	Alta

De acuerdo con el estudio de riesgo y vulnerabilidad que se realizo en las edificaciones del campus central de la UIS, los cuales cuentan con un Riesgo Moderado y una vulnerabilidad alta, Para la realización de este diseño se seleccionó como agente extintor agua debido a las ventajas que presenta.(ver numeral 3.4.1)

#### ➔ Edificio de Investigaciones y Postgrado

Este edificio esta construido con el sistema de pórticos estructurales, la paredes están en ladrillo a la vista, posee unas escaleras en el tramo central, cada piso lo conforman tres sectores, en los dos principales se encuentran los laboratorios y en el tercero los baños y servicio de aseo Las dependencias que se verían beneficiadas con la construcción del sistema de incendio serian:

- Escuela de física
- Escuela de Biología
- Escuela de Química
- Postgrado en Química
- ARPRUIS
- Cafetería de profesores

### ➤ **Edificio de Laboratorio de livianos**

Este edificio esta construido con el sistema de pórticos estructurales, la paredes están en ladrillo a la vista, posee dos tramos centrales de escaleras y dos externos para salida de emergencia, se diferencian en cada piso 5 sectores, en el principal se encuentran los laboratorios, en dos mas se encuentran oficinas y cubículos de profesores, y en los dos restantes los baños y servicio de aseo.

Las dependencias que se verían beneficiadas con la construcción del sistema de incendio serian:

- Escuela de Química
- COPRUIS
- Escuela de Biología
- Escuela de Matemáticas
- Decanatura facultad de ciencias
- DIF de ciencias
- Escuela de física
- Postgrado en física

### ➤ **Patrimonio**

En ambos edificios se encuentra un gran capital invertido de la universidad, todos los aparatos de investigación se encuentran en este sector, y la mayor parte de los estudiantes y profesores se mueven en este sector.

## **5.2 Parámetros de diseño según el AMB**

Para el diseño de la red hidráulica interna de los edificios seleccionados se tomaron los parámetros obtenidos de la normatividad utilizada por el Acueducto metropolitano de Bucaramanga, los cuales están basados en la norma colombiana ICONTEC 1669.

El proyecto deberá contemplar un sistema de red interna contra incendio totalmente independiente de las redes para consumo doméstico en cualquiera de los siguientes casos:

Cuando el número de pisos sea mayor a 5, ó la altura sea mayor o igual a 18 m. El riesgo de la edificación sea Moderado ó Alto

El sistema de extinción de incendio así como el tipo de gabinete requerido deberá ser clase III y de acuerdo con la manera prevista para controlar un incendio según lo establecido por la norma ICONTEC 1669.

Para considerar los aspectos de protección contra incendios en edificaciones que no se encuentren especificados en esta norma deberá diseñarse de acuerdo con la Norma ICONTEC 1669

### **5.2.1 Consideraciones de diseño**

No se permitirán sistemas contra incendio abastecidos por gravedad ni directamente de la red externa de acueducto.

El incendio deberá ser combatido por los ocupantes durante los primeros 30 minutos y luego por los bomberos

Las bombas se diseñarán en algunos casos para un caudal menor que el de las tuberías debido a que éstas sólo alimentarán las mangueras de 1½" que usarán los ocupantes antes de la llegada de los bomberos, pero las tuberías sí deben tener la capacidad para transportar el caudal suministrado por los bomberos a través de la válvula siamesa a las mangueras de 2½" que los bomberos conectan a los gabinetes.

El caudal que alimentaría dos mangueras de 2½" es 32 lt/s

Altura máxima por zona con válvula reguladora de presión: 122 m

Si existen dos zonas o más y dos o más montantes, mínimo dos de ellas deben tener un diámetro de 8 pulgadas

### **5.2.1.1 Gabinetes contra incendio**

Si se requiere sistema contra incendios, en cada piso se deberá colocar un gabinete clase III empotrado en la pared con una manguera conectada a una salida de la red de incendio y deben tener el espacio suficiente para maniobrar las válvulas.

Las dimensiones del gabinete deben ser 0.99 x 0.77 x 0.22m; fabricado en lámina calibre 20, con marco de iguales características.

El gabinete deberá contener el siguiente equipo:

Boquilla de la manguera tipo neblina, pitón de niebla, extintor, llave de hidrante, niple, hacha de incendio y manguera de 30 m de longitud. Para facilitar su operación, las válvulas de salida (de 1½" y 2½") en los gabinetes deben estar instaladas con su boca de acceso en dirección horizontal y la salida de la válvula de 2½" además debe ser frontal.

Las demás especificaciones se encuentran en la figura 6.1

### **5.2.1.2 Válvula siamesa**

La edificación deberá tener en su fachada una o más conexiones siamesas, para el uso del cuerpo de bomberos.

La siamesa debe tener su válvula de cheque interna o externamente

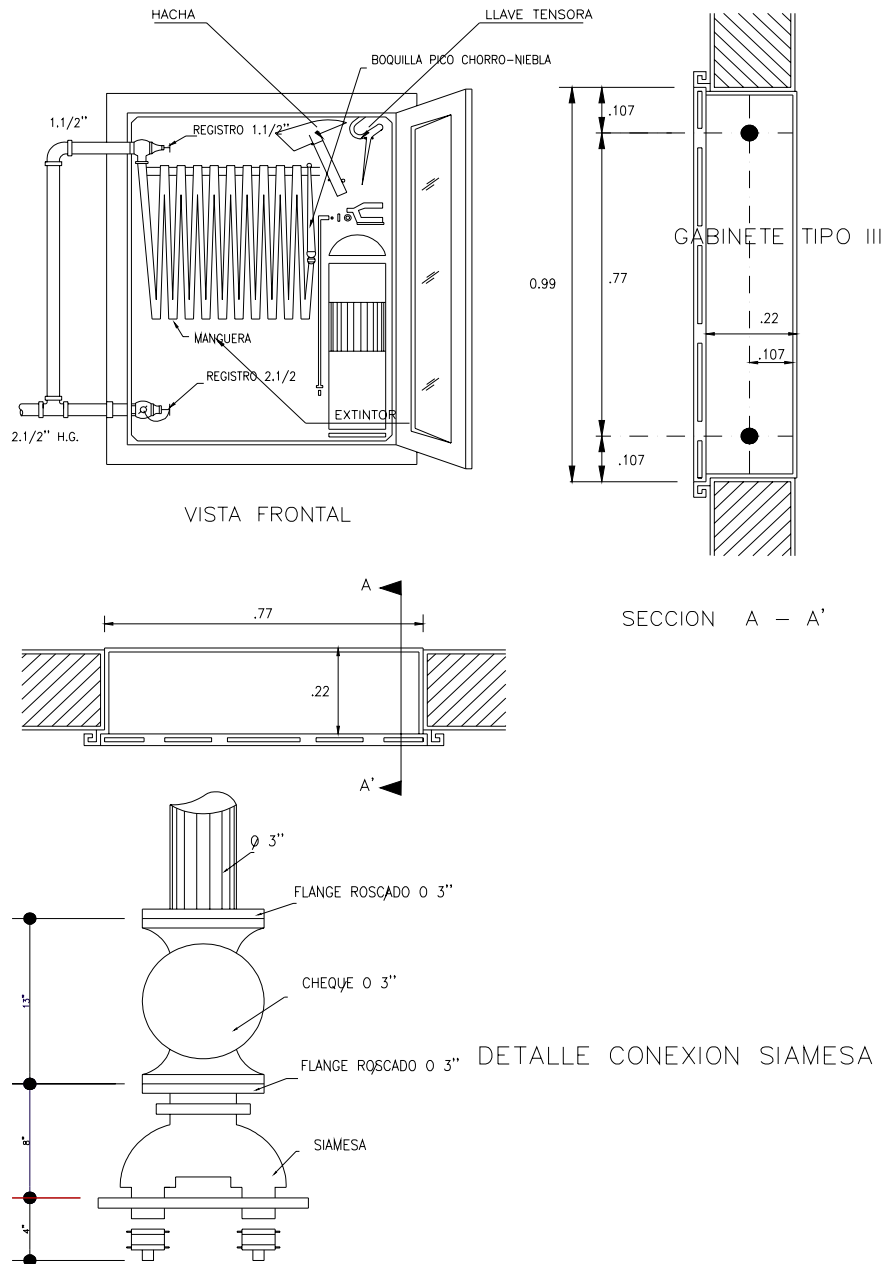
### **5.2.1.3 Especificaciones de las tuberías del sistema contra incendio**

La tubería y accesorios se deben diseñar para soportar la presión máxima del sistema. Las tuberías verticales deben estar protegidas de los agentes externos, los esfuerzos mecánicos y posibles daños de fuego.

No se permite el uso de tuberías plásticas en los sistemas contra incendio.

La tubería de la red de incendio será en hierro galvanizado, acero u otra que apruebe el Acueducto

**Figura 15. Detalles gabinete tipo III y válvula siamesa**



#### **5.2.1.4 Almacenamiento**

El volumen de la reserva contra incendios puede ser almacenado en un tanque bajo independiente o adicionado al volumen del tanque bajo de suministro del edificio, siempre y cuando la toma de agua potable se localice a una altura tal del fondo del tanque que no permita el consumo del volumen destinado a la reserva contra incendios. El volumen de almacenamiento del sistema contra incendios debe ser igual al caudal de diseño de las bombas gastado en un periodo de 30 min.

#### **5.2.1.5 Sistema de bombeo**

El suministro eléctrico de las bombas utilizadas en el sistema de protección contra incendios debe ser independiente al sistema del edificio, debe estar protegido contra el impacto físico y el fuego y deberá conectarse a la planta eléctrica del edificio si ésta existe. Es de tener en cuenta la posibilidad de que por cuestiones operativas o de seguridad, el cuerpo de bomberos corte el servicio de electricidad al momento de ingresar a combatir el incendio. En la tabla-resumen 5 se exponen los requerimientos que deben cumplir los sistemas contra incendio y sus redes en las edificaciones.

#### **5.2.1.6 Pruebas al sistema contra incendio**

- Prueba hidrostática

Presión de prueba: 140 m.c.a. (200 psi) ó 35 m.c.a. (50 psi) por encima de la normal de funcionamiento (la mayor) por dos horas

#### **5.2.1.7 Señalización y seguridad**

Todo sistema de extinción deberá llevar, convenientemente ubicado, una placa en la que se indique claramente la presión de funcionamiento.

En la recepción o portería de toda edificación debe existir el esquema de funcionamiento general del sistema contra incendio.

**Tabla 11. Requerimientos sistema contra incendios Clase III**

		TIPO DE SISTEMA Y GABINETE CLASE III	
USO		OCUPANTES Y BOMBEROS	
Diámetro conexión para manguera en cada gabinete		1 1/2"(con manguera) y 2 1/2"	
Altura edificio		H > 18 m ó 6 pisos	
Altura Máx. Tub Vertical del edificio por zona** (m)		84	
Presión mínima (m.c.a)		38	
Presión de diseño (m.c.a)		45	
Presión máxima		45 (Ocupantes) y 70 (Bomberos)	
Manguera en gabinete (irá conectada a la boquilla del gabinete)	Diámetro	1 1/2"	
	Long. Máx (m)***	30	
	Tipo Boquilla	Chorro Neblina graduable	
DISEÑO DE LAS BOMBAS:		RIESGO MODERADO o BAJO	RIESGO ALTO
Q mín por tubería vertical:		6.3	32
Q Mínimo Tubería Vertical Adicional (l/s)		3.15	16
DISEÑO DE LAS TUBERÍAS:			
Q Mínimo Tubería Vertical (l/s)		32	
Caudal Máximo Total (l/s)		158	
Velocidad máxima de diseño (m/s)		2	
Diámetro Mín. Tubería vertical	H tub < 30 m	4"	
	H tub > 30 m	6"	
	Sistema combinado*	6"	
Tanque de reserva $V = Q_{total} \cdot t$	t (min)	30	

\*Sistema que incluye combinación de gabinetes y regaderas automáticas. Para Diseño de sistemas con regaderas automáticas consultar norma ICONTEC 1669

\*\*Sin válvulas reguladoras de presión. A partir de esta altura máxima se hace necesaria una distribución por zonas

\*\*\*Distancia libre máxima de las partes de la edificación con la boquilla de la manguera: 9 m.

### **5.3 Prediseño de la red hidráulica**

Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente vistos se procede a hacer el prediseño de la red hidráulica interna de los edificios de Laboratorio de livianos y Laboratorio de investigaciones y postgrados.

Para el diseño de la red hidráulica se trabajo en un plano planta del sector, además se hizo una visita para reconocer los sitios óptimos para la localización del tanque y camino a tomar por la red.

La localización final fue objeto de estudio, presentando el sitio del tanque el lugar adecuado para el almacenamiento de los dos edificios, quedando simétricamente ubicado, además de presentar la cota más alta en la zona.

Se decidió colocar 2 tallos de tubería para la red en cada piso del edificio de laboratorio de livianos debido a su área, el camino a seguir se decidió debido a que en la parte interior del edificio se encuentra un muro de contención que podría presentar inconvenientes constructivos entonces se trato de limitar el paso, para la ubicación de los gabinetes se escogió el sitio mas central para cada tramo que corresponde al sector de los baños.

En el edificio de laboratorio de postgrados se envió desde el tanque un solo tallo, el cual penetra por la entrada principal y sigue al sector de los baños, donde se ubican los gabinetes.

Para realizar el diseño de incendios se trabajo en una tabla de Excel elaborada por el acueducto en una practica empresarial, sin embargo se le hicieron algunas mejoras por parte de los autores.(los datos deben ser verificados con el vendedor de las bombas, para que cumpla con los parámetros)

[calculos\\_red\\_incendio.xls](#)

### **5.3.1 Laboratorio de livianos**

Los resultados obtenidos del cálculo se presentan a continuación, pero no se pueden manipular, revisar cálculos archivo adjunto.

### DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

El sistema de gabinetes a diseñar es el Tipo III según ICONTEC 1669

Volumen de almacenamiento para la red contra incendios		
No. de Pisos	4	O.K
Riesgo Edif. (Bajo:B,Moderado:M, Alto:A)	m	
Altura Tubería Vertical (m.)	10,47	
No. De Tallos	2	
Diámetro de Cada Tallo (pulg.)	4	
Caudal de Incendio Bombas (lps)	12,6	
Velocidad (m/s)	1,55	
Tiempo de servicio (minutos)	30	
Volumen Total Requerido (litros)	22680	
Volumen Total Requerido (m3)	22,68	

Presión mínima boquilla manguera	55	psi	38,5	m.c.a
Presión máxima boquilla manguera	100	psi	70	m.c.a

CAUDAL DE BOMBEO				
Q impulsión (lps)	Diám Impulsión	4	Diam. Succión	6
12,60	Velocidad Impulsión	1,55	Vel. Succión	0,69
		OK		OK

IMPULSION				
MONTANTE				
Longitudes totales en entrepisos				
Suma longitudes horizontales			118,2	
Suma longitud vertical			21,55	
Longitud Equivalente Accesorios			29,8	
			total	
169,55				
PÉRDIDAS EN LA IMPULSIÓN				
TUBERÍA Y ACCESORIOS EN HG				
C=		120	J (m/m) =	0,03118
CANT	ACCESORIO		L.E.	L.T.
1	Válvula de Retención		8,4	8,4
2	codos 90°		6,8	13,6
1	Ampliación		1,22	1,2
1	Válv. de compuerta abierta		0,7	0,7
			total	23,9
Sumatoria totales				193,5
Pérdidas totales en montante				6,0
Presión requerida gabinete				38,5
Altura dinámica de impulsión (H.D.I.)= (perdidas totales+presión requerida)				44,5
Altura de velocidad (hvd)				0,123

PÉRDIDAS EN LA SUCCIÓN			
TUBERÍA Y ACCESORIOS EN H.G.			
	C=	120	J (m/m) = 0,01600
CANT	ACCESORIO		L.E. L.T.
1	codos 90°		5,6 5,6
1	Reducción excéntrica		0,61 0,6
1	Válv. de compuerta abierta		0,7 0,7
1	Long Tub. Horizontal		4 4,0
LONG TOTAL			10,910
A	Pérdidas por fricción en succión		0,175
	Diferencia de cotas toma agua al eje bomba		0,0
B	Altura dinámica de succión (H.D.S.)		0,175
	Altura de velocidad (hvs)		0,024
OTRAS PÉRDIDAS (Algunas de estas condiciones pueden variar de acuerdo a la ubicación del edificio)			
C	Pérdida por altura sobre el nivel del mar h=1000 msnm		1,2
D	Pérdida por Tensión de vapor T=15°C		0,174
Cabeza de succión positiva neta			
NPSH Disponible = 10.33-(A+B+C+D) =		8,78	m
NPSH Disponible >N.P.S.H. requerida BOMBA		OK	
Altura estática al gabinete más alto (Hv)			10,5

ALTURA DINÁMICA TOTAL =H.D.I+hvd+ H.D.S+Hv (m.c.a.)		55,3
CALCULO DE LA BOMBA CONTRA INCENDIOS		
H.D.T.	55,331	
Q	12,60	
POT. TEÓRICA	13,10	
POT APROX.	15,73	
POTENCIA REDONDEADA (H.P)	16	
Datos para escogencia de la bomba:		
Caudal de Incendio Bombas (lps)	12,6	
HDT(mca)	55,3	
POTENCIA REDONDEADA (H.P)	16	
N.P.S.H. disponible BOMBA (m)	8,78	
Datos del fabricante		
Eficiencia (%)	70%	
N.P.S.H. requerida BOMBA (m)	5	
Factor Mayoración	1,2	

**Tabla 12. Diseño contra incendios Laboratorio Livianos**

### 5.3.2 Laboratorio de investigaciones y postgrados

Tabla 13. Diseño contra incendios Laboratorio Investigaciones y Postgrados

<b>DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS</b>				
El sistema de gabinetes a diseñar es el Tipo III según ICONTEC 1669				
<b>Volumen de almacenamiento para la red contra incendios</b>				
No. de Pisos	3			
Riesgo Edif. (Bajo:B,Moderado:M, Alto:A)	m			
Altura Tubería Vertical (m.)	6			
No. De Tallos	1			
Diámetro de Cada Tallo (pulg.)	4			
Caudal de Incendio Bombas (lps)	6,3			
Velocidad (m/s)	0,78			
Tiempo de servicio (minutos)	30			
Volumen Total Requerido (litros)	11340			
Volumen Total Requerido (m3)	11,34			
O.K				
Presión mínima boquilla manguera	55	psi	38,5	m.c.a
Presión máxima boquilla manguera	100	psi	70	m.c.a
<b>CAUDAL DE BOMBEO</b>				
Q impulsión (lps)	Diám Impulsión	4	Diam.succión	4
6,30	Velocidad Impulsión	0,78	Vel. succión	0,78
DISMINUYA DIAMETRO			OK	

IMPULSION				
MONTANTE				
Longitudes totales en entrespisos				
Suma longitudes horizontales			73,83	
Suma longitud vertical			8,8	
Longitud Equivalente Accesorios			12,6	
total			95,23	
PÉRDIDAS EN LA IMPULSIÓN				
TUBERÍA Y ACCESORIOS EN HG				
C=		120	J (m/m) =	0,00865
CANT	ACCESORIO		L.E.	L.T.
1	Válvula de Retención		8,4	8,4
2	codos 90°		6,8	13,6
1	Ampliación		1,22	1,2
1	Válv. de compuerta abierta		0,7	0,7
total				23,9
Sumatoria totales				119,2
Pérdidas totales en montante				1,0
Presión requerida gabinete				38,5
Altura dinámica de impulsión (H.D.I.)= (perdidas totales+presión requerida)				39,5
Altura de velocidad (hvd)				0,031

PÉRDIDAS EN LA SUCCIÓN			
TUBERÍA Y ACCESORIOS EN H.G.			
	C=	120	J (m/m) = 0,01283
CANT	ACCESORIO	L.E.	L.T.
1	codos 90°	5,6	5,6
1	Reducción excéntrica	0,61	0,6
1	Válv. de compuerta abierta	0,7	0,7
1	Long Tub. Horizontal	4	4,0
LONG TOTAL			10,910
A	Pérdidas por fricción en succión		0,140
	Diferencia de cotas toma agua al eje bomba		0,0
B	Altura dinámica de succión (H.D.S.)		0,140
	Altura de velocidad (hvs)		0,031
OTRAS PÉRDIDAS (Algunas de estas condiciones pueden variar de acuerdo a la ubicación del edificio)			
C	Pérdida por altura sobre el nivel del mar	h=1000 msnm	1,2
D	Pérdida por Tensión de vapor	T=15°C	0,174
Cabeza de succión positiva neta			
NPSH Disponible = 10.33-(A+B+C+D) =		8,82	m
NPSH Disponible >N.P.S.H. requerida BOMBA		OK	
Altura estática al gabinete más alto (Hv)			5,2

ALTURA DINÁMICA TOTAL =H.D.I+hvd+ H.D.S+Hv (m.c.a.)

44,9

#### CALCULO DE LA BOMBA CONTRA INCENDIOS

H.D.T.	44,901
Q	6,30
POT. TEÓRICA	5,32
POT APROX.	6,38
POTENCIA REDONDEADA (H.P)	7

#### Datos para escogencia de la bomba:

Caudal de Incendio Bombas (lps)	6,3
HDT(mca)	44,9
POTENCIA REDONDEADA (H.P)	7
N.P.S.H. disponible BOMBA (m)	8,82

#### Datos del fabricante

Eficiencia (%)	70%
N.P.S.H. requerida BOMBA (m)	5
Factor Mayoración	1,2

### 5.3.3 Tanque de almacenamiento

TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
Volumen Total Requerido (m3)	22,68		
Volumen Total Requerido (m3)	11,34		
Total	34,02		
		F.S	1,3
Volumen recomendado(m3)	29,484	□30	
DIMENSIONES UTILES	4,5*4,5*1,5		

Se realizó una inspección de los tanques del almacenamiento con que cuenta la UIS, para contemplar la posibilidad de que sirvieran de conjunto con la reserva de contra incendios en un posible caso de diseño, pero ninguno cuenta con la capacidad suficiente para almacenar los dos volúmenes (almacenamiento de consumo y almacenamiento de contra incendio).

### 5.3.4 Análisis de resultados

En el anterior diseño realizado se encuentra que se necesitan de 2 bombas, una para cada edificio, además la normatividad nos indica que en redes de contra incendio debe ir otra bomba de emergencia que se active por medio de un sistema alternativo de energía que podría ser una planta eléctrica que funcione con algún tipo de combustible.

Lo anterior implicaría un costo relativamente alto solo en la compra de las bombas, como opción alternativa se presenta la posibilidad de solo comprar una bomba de emergencia que preste el servicio de la de mayor potencia.

En cuanto al tanque se realizan los cálculos para cada red independiente y luego se almacenan en uno solo, pero como la probabilidad como ya lo dijimos es muy baja de que se produzca un incendio en los dos edificios al mismo tiempo, entonces solo sumar el volumen mayor, multiplicado por un factor de seguridad que nos representa una muy buena capacidad.

### **5.3.5 Simulación**

Se simuló la red contra incendios interna de los edificios priorizados, bajo el funcionamiento de 2 bombas.

Las presiones en el último gabinete cumplen con la normatividad y las velocidades son de 0.78 m/s.

[red\\_incendio\\_laboratorios.net](http://red_incendio_laboratorios.net)

**5.3.6 Presupuesto global de red hidráulica interna contra incendio para los edificios de Laboratorio de livianos y Laboratorio de investigaciones y postgrados**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	DEMOLICIÓN DE PISOS				
	Demolición de piso en concreto 2500 psi e= 0.15 (tanque)	m2	25	\$ 10.250,00	\$ 256.250,00
	Demolición de piso en concreto 2500 psi e= 0.15 ancho 0.80 m	ml	3,61	\$ 8.200,00	\$ 29.602,00
	Demolición de pisos en tablón de gres o similares ancho 0.80 m	ml	164,16	\$ 8.200,00	\$ 1.346.112,00
	Retiro y disposición de escombros	m3	25,78	\$ 13.000,00	\$ 335.140,00
2	DEMOLICION DE PAREDES				
	Demolición muro ladrillo T1	m2	5,92	\$ 6.000,00	\$ 35.520,00
3	EXCAVACIONES Y CIMENTACIÓN				
	Excavación en tierra 5 x5x2.1	m3	52,5	\$ 15.625,00	\$ 820.312,50
	Excavación en tierra 2.33x2.3x1.9	m3	10,31	\$ 15.625,00	\$ 161.093,75
	Excavación en tierra ancho 0.80 m, h = 0.8 m	ml	183,61	\$ 10.000,00	\$ 1.836.100,00
	Cimentación en material granular para tubería h= 0.15	ml	183,61	\$ 4.000,00	\$ 734.440,00
4	RED				
4.1	Materiales en PVC				
4.1.1	Tubería unión mecánica RDE 21				
	Suministro e instalación de tubería, 4 pulg. mas accesorios	ml	198,64	\$ 20.611,00	\$ 4.094.169,04

4.1.2	Accesorios RDE 21 Codo 90, 4 pulg semicodo, 4 pulg Tee, 4 pulg	unidad unidad unidad	7 2 5	\$ 64.595,00 \$ 64.595,00 \$ 76.061,00	\$ 452.165,00 \$ 129.190,00 \$ 380.305,00
4.2	Materiales en hierro galvanizado Suministro e instalación de tubería roscado 4 pulg mas accesorios	ml	77,14	\$ 50.468,00	\$ 3.893.101,52
4.2.1	Accesorios hierro galvanizado Codo roscado, 4 pulg Tee roscado, 4 pulg	unidad unidad	25 5	\$ 24.571,00 \$ 28.992,00	\$ 614.275,00 \$ 144.960,00
5	RELLENOS Y COMPACTACION				
5.1	Compactación de rellenos en material común	m3	119,5	\$ 13.551,00	\$ 1.619.344,50
6	REPOSICION DE PISOS SOBRE LA LINEA Reparación de pisos en tablón de gres o similares ancho 0.80 m Reparación de piso en concreto 2500 psi e= 0.15 ancho 0.80 m Reposición de zonas verdes	ml ml ml	164,16 3,61 15,84	\$ 21.500,00 \$ 20.800,00 \$ 4.800,00	\$ 3.529.440,00 \$ 75.088,00 \$ 76.032,00
7	TANQUE DE ABASTECIMIENTO				
7.1	Tanque de abastecimiento 5x5x2.1	unidad	1		

8	CASETA DE BOMBAS				
8.1	Caseta de bombas 2.3x2.3x2.1	unidad	1	\$ 180.000,00	\$ 180.000,00
9	BOMBA				
9.1	Bomba	unidad	2	\$ 3.240.000,00	\$ 6.480.000,00
9.2	Equipos electrónicos	unidad	1	\$ 4.909.410,00	\$ 4.909.410,00
10	VALVULAS				
10.1	Válvula de compuerta Suministro e instalación de válvula de corte tipo compuerta RedWhite 206A 4"	unidad	2	\$ 879.654,00	\$ 1.759.308,00
10.2	Válvula de cheque Suministro e instalación de válvula cheque, 4"	unidad	2	\$ 950.000,00	
11	SOPORTES DE TUBERIA				
11.1	Banda soporte para tubo apretado con pernos, 4 pulg	unidad	90	\$ 4.000,00	\$ 360.000,00
12	GABINETE CONTRA INCENDIOS	unidad	10	\$ 389.101,00	\$ 3.891.010,00
12.1	Gabinete metálico en lamina cold rold 77x77x22				
12.2	Manguera contra incendios 1.5 pulg* 30 m				
12.3	Válvula de bronce de 1 1/2 pulg H/M				
12.4	Válvula de bronce de 2 1/2 pulg H/M				
12.5	Boquillas en policarbonato tipo chorro y neblina				
12.6	Llave spenner de dos servicios				
12.7	Soporte manguera tipo canasta				
12.8	Extintor polvo químico seco ABC 10 lbs				

12.9	Hacha tipo bombero de 4.5 lbs				
12.10	Hidrante de pared completo con siamesa en bronce 2.5x2.5x4				
13	SIAMESA				
13.1	Siamesa 2.5x2.5x4'	unidad	2	\$ 560.000,00	\$ 1.120.000,00
14	LIMPIEZA Y ENTREGA				
14.1	Limpieza general	global	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
					\$ 39.362.368,31
	VALOR TOTAL				\$ 40.936.863,04
	Imprevistos 4%				

## 6 CONCLUSIONES

- Se desarrollo la práctica empresarial cumpliendo con sus objetivos planteados, realizar la evaluación post- construcción de la red hidráulica del campus central de UIS y ejecutar el prediseño de la red interna contra incendios de los edificios priorizados.
- Se implementaron una serie de manómetros en la red para controlar el sistema y validar la simulación de la red.
- Además estos manómetros se dejan instalados para que puedan servir como medio de aprendizaje del comportamiento hidráulico de las redes, en donde los estudiantes se formen de una manera practica en paralelo a los laboratorios.
- La red hidráulica del campus central de la UIS se encuentra; sobrepasando en algunos sectores las presiones máximas permisibles, donde se recomienda disminuirlas para prevenir daños ocasionados por el desgaste. Las velocidades para el estado actual son muy bajas esto debido a que la red fue diseñada para un periodo de diseño de 25 años y caudal de incendio, luego los diámetros son muy grandes para el consumo presentado, se plantean algunas indicaciones a tener en cuenta para no ocasionar taponamientos debidos a la sedimentación de partículas finas.
- Los edificios de Laboratorio de Livianos y Laboratorio de Investigaciones y postgrados, fueron escogidos debido al riesgo con el que cuentan y a la alta vulnerabilidad en la que se encuentran actualmente.
- Se encontró que la universidad no satisface las medidas de protección pasiva y activa del riesgo de incendio, por lo cual se plantearon las recomendaciones pertinentes para lograr disminuirlo.

- Queda en evidencia la alta vulnerabilidad en la que se encuentran los edificios del campus central, y se hace inminente tomar medidas drásticas para solucionar este gran problema.
- Se trabajo permanentemente en el cumplimiento de las normatividades, satisfaciendo así los requerimientos exigidos
- El manejo de las nuevas herramientas de computación fue de gran importancia en el desarrollo de la práctica, permitiendo un análisis detallado. Además de contribuir al desarrollo de habilidades fundamentales en labores de ingeniería.

## BIBLIOGRAFÍA

**MELGUIZO**, Samuel. Fundamentos de hidráulica e instalaciones de abasto en las edificaciones. Universidad Nacional. Medellín

**CORCHO ROMERO**, Freddy Hernán y **DUQUE SERNA**, José Ignacio. Acueductos, teoría y diseño. Medellín : Universidad de Medellín, 1997.

**EPANET 2.0 en español**. Universidad Politécnica de Valencia [en línea]. Disponible en Internet desde [www.idmh.upv.es](http://www.idmh.upv.es)

Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000. Sección II, Título B, Sistemas de Acueducto.

Código para el suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones. NTC 1669. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Santa Fe de Bogotá. 1981. 20 p.

Code for the Protection of Cultural Resources. NFPA 909. National FIRE Protection Assotiation. Quincy. 2001. 253 p.

Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Incendios. Organización Internacional del trabajo [en línea]. Disponible en Internet desde [www.mtas.es/Publica/enciclo/general/contenido/tomo2/41.pdf](http://www.mtas.es/Publica/enciclo/general/contenido/tomo2/41.pdf)

Inspección y prevención de incendios. Antonio Peinado Moreno [en línea]. Disponible en Internet desde [www.dipualba.es/publicaciones](http://www.dipualba.es/publicaciones)

Life Safety Code. NFPA 101. National Fire Protection Assotiation. Quincy. 2000. 520 p.

Manual de protección contra incendios NFPA. MAPFRE. Madrid. 1986. 1942

Material de seguridad y lucha contra incendios. Terminología. NTC 1478.

**RAMIREZ**, Mauricio. Tesis de Practica empresarial en la división de planta física de la universidad industrial de Santander, consistente en el apoyo técnico a los proyectos de construcción, remodelación y adecuación que adelante la oficina. Universidad industrial de Santander. 2004.

**HERNANDEZ**, Miguel; **VANEGAS**, Nilson. Tesis de grado Vulnerabilidad y riesgo de incendio en el área metropolitana de Bucaramanga. Universidad industrial de Santander. 1998.

**ZORRO**, Laila; **RUGELES**, Juan Camilo. Tesis de grado Vulnerabilidad y riesgo de incendio en edificaciones de ocupación institucional de salud o incapacidad en el área metropolitana de Bucaramanga. Universidad industrial de Santander. 1999.

**ABAD**, Alexis; **LUNA**, Marta. Tesis de grado Diseño básico del sistema contra incendios para la biblioteca central de la universidad industrial de Santander. Universidad industrial de Santander. 2004.

**LONDOÑO**, Johana. Tesis de grado Soporte para la elaboración de las normas técnicas de diseño y presentación de proyectos de redes internas de acueducto en urbanizaciones y edificios. Universidad industrial de Santander. 2004.

# **ANEXOS**

## ■ ANEXO 1. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD HUMANA EN EDIFICIOS

La evaluación de la seguridad humana es el proceso que estima la calidad de la seguridad contra el fuego y sus efectos. No hay un método bien definido para evaluar la seguridad de vida en el incendio de edificios. La seguridad humana es un concepto, y ninguna fórmula puede identificar o garantizar que un edificio sea completamente seguro frente a un incendio. En primer lugar, la evaluación requiere una comprensión del concepto fundamental de la seguridad de la vida. Esto puede continuarse con una evaluación subjetiva de los parámetros que crean riesgos y aquéllos que tienden a eliminar parte de dichos riesgos. Los listados ayudan a considerar esos parámetros pero no identifican los valores relativos o la interrelación de los parámetros.

### ● Factores de seguridad humana.

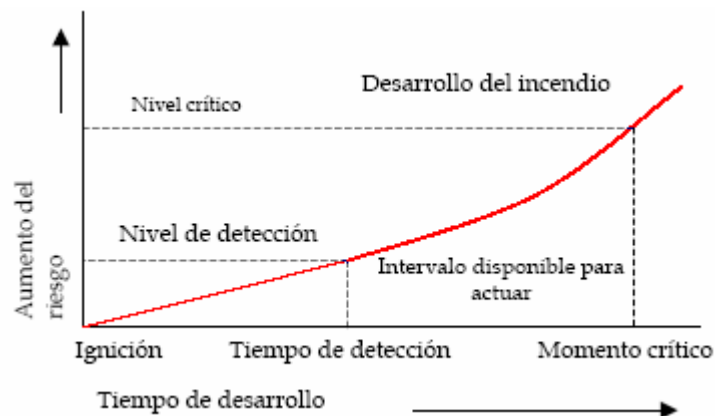
Uno de los elementos de la seguridad humana implica evitar la exposición de los ocupantes a un nivel peligroso de productos de la combustión. Este objetivo está condicionado por la probabilidad de alejar rápidamente a los ocupantes en peligro de los efectos nocivos del fuego. El examen detallado del desarrollo del fuego y de las características de los ocupantes expuestos determina la magnitud del riesgo. Se han de emplear medidas específicas de seguridad para reducir el riesgo. La determinación de las relaciones entre estos componentes es el primer paso para la aproximación a la seguridad humana contra incendios en los edificios.

### ➔ Tiempo.

A medida que un incendio se desarrolla, el humo y el calor aumentan hasta crear un ambiente de gran riesgo para la vida humana. La rapidez con la cual el ambiente se puede deteriorar es difícil de predecir, ya que intervienen muchas variables. La Figura 10 es una generalización aproximada de la manera que el riesgo para la vida aumenta en función del tiempo.

En el momento de la ignición el ambiente es normal. La mayoría de los incendios se desarrollan lentamente al principio, por lo cual el riesgo es pequeño. Eventualmente, la intensidad del fuego aumenta de forma más importante, al aumentar el nivel de los productos de la combustión.

**Figura 16. Avance del deterioro del ambiente en función de la progresión de un incendio.**



A cierto nivel de acumulación de productos de la combustión, el incendio será detectado, por detectores automáticos de incendios o por detección del personal. El nivel de riesgo en el cual ocurre la detección corresponde a un tiempo específico en el transcurso del incendio, llamado tiempo de detección.

➔ **Nivel crítico.**

Otro estudio importante en el desarrollo de un incendio es el nivel crítico, en el cual el deterioro del ambiente representa ya un peligro para la vida. Puede variar en función de los productos emitidos y de las características de las personas expuestas, que las hacen más o menos sensibles a los diversos productos de la combustión. Debido a la presencia de numerosos factores desconocidos o incontrolables en la estimación de un efecto del incendio en las personas, el nivel crítico no es fácil de identificar con precisión.

Correspondiendo con el nivel crítico del riesgo surge el tiempo que tarda el incendio en producir esta situación. El tiempo transcurrido entre la detección y el punto crítico es el tiempo disponible para que se pueda tomar cualquier acción que prevenga a los ocupantes de quedar expuestos al nivel crítico de riesgo. Esta acción puede tomar varias

formas tales como la activación de un equipo automático, evacuación de los ocupantes, o ambas.

#### ➔ **Variaciones del fuego.**

El aumento del fuego y del riesgo no siempre se desarrolla a la misma velocidad. Si las condiciones son insuficientes para mantener un rápido desarrollo del fuego, se reduce el grado de deterioro del ambiente, resultando un descenso en la pendiente de la curva de desarrollo del fuego.

#### ● **Características de los ocupantes.**

El componente más difícil de evaluar en la seguridad humana es la sensibilidad de los ocupantes expuestos. Ello se debe a la enorme variedad que puede haber entre ellos. Es necesario evaluar la sensibilidad de los ocupantes al fuego y sus productos así como su capacidad para emprender y realizar hasta el final las acciones necesarias para su seguridad personal. Se pueden encontrar indicaciones de esas cualidades en las características físicas y mentales de los ocupantes, individualmente y considerados como un grupo. Los parámetros más importantes de la población son la edad, movilidad, percepción, conocimiento, densidad y disciplina.

#### ➔ **Edad.**

La edad es la característica que con más facilidad se identifica en un ocupante expuesto al fuego, y puede afectar directamente a otras características importantes tales como la movilidad, percepción, conocimiento y disciplina. La variación del riesgo de vida con respecto a la edad está indicada por estadísticas que muestran que los muy jóvenes y los muy viejos sufren más altos riesgos de muerte con respecto al fuego.

#### ➔ **Movilidad.**

La movilidad es para la mayoría de las personas una función de la edad. Las personas muy jóvenes y las de edad avanzada son menos móviles. Sin embargo, existen muchas otras clases de personas inmovilizadas o con movilidad limitada. Se encuentran

minusválidos en muchos lugares, es por eso necesario considerar sus limitaciones en la apreciación del riesgo correspondiente.

➔ **Percepción.**

La capacidad de percepción es otra característica que puede depender de la edad. Un factor importante consiste en que los ocupantes se encuentren despiertos y conscientes tal como en oficinas, o puedan estar dormidos como en edificios residenciales. Además, las personas que han tomado medicamentos pueden ver sus facultades de percepción limitadas. La mayor parte de las instalaciones institucionales contienen individuos con grados variables de percepción y de diferente capacidad de toma de decisión.

➔ **Conocimiento.**

El conocimiento es quizás un término limitado para la comprensión del concepto de la autoprotección, que incluye factores tales como el instinto. Algunas de estas características son discernibles, aunque no puedan ser medidas. Los entrenamientos y ejercicios pueden elevar el nivel de autoprotección de los ocupantes. Esto puede extenderse a la autoprotección en grupo, para la cual algunas personas están preparadas o reaccionan espontáneamente ayudando a los demás. Otra indicación menos directa es el conocimiento que tienen los ocupantes de las instalaciones. Los ocupantes habituales de un determinado edificio son susceptibles de tener un mejor conocimiento de las salidas que los visitantes ocasionales.

➔ **Densidad.**

La densidad de población, o el número de personas dadas en una determinada área, es importante con respecto a la magnitud del riesgo y al traslado seguro de los ocupantes. A mayor número de personas en un área determinada, mayor será la pérdida potencial de vidas. Diversos estudios han demostrado la estrecha relación entre la densidad de ocupantes y la rapidez de sus movimientos.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Pauls, J.L. Movement of People in Building Evacuations, citado por Cote, Arthur. Manual de protección contra incendios. Tercera edición. Madrid. MAPFRE, 1986. p. 678.

### ➤ **Disciplina.**

Como la densidad, la disciplina es una característica de los ocupantes más como grupo que individualmente. En general, las personas normalmente acostumbradas a un control disciplinario y entrenamientos son capaces de responder a una emergencia de incendios con menos probabilidad que se comporten arriesgadamente.

### ● **Naturaleza de los incendios en edificios.**

El fuego es un proceso de oxidación con intensidad suficiente como para emitir calor y luz. Del mismo modo asociado con el fuego están el humo, generalmente de una naturaleza tal que reduce la visibilidad; y los gases de la combustión, la mayoría de los cuales son tóxicos. Los aspectos del desarrollo de un incendio que son importantes con respecto a la severidad y control del riesgo de la vida son el potencial de ignición, crecimiento del fuego y propagación del humo.

### ➤ **Potencial de ignición.**

El proceso de ignición consiste en poner en contacto o acercar lo suficiente una fuente de calor y un combustible. La ignición es función del tiempo y de la temperatura. El combustible sometido a una alta temperatura por un periodo corto de tiempo puede no inflamarse, pero el mismo combustible puede hacerlo cuando esté sometido a una temperatura más baja pero por un periodo de tiempo más largo.

### ➤ **Crecimiento del fuego.**

El crecimiento del fuego es la etapa más importante con respecto a la seguridad de la vida. Es precisamente, en esta etapa de crecimiento, en que el espacio de origen del fuego eventualmente se convierte en inhabitable, es decir, se alcanza los niveles de riesgo críticos. Por lo tanto, es en esta etapa en la que debe llevarse a cabo la detección y la acción que se tome para proteger a los ocupantes del lugar de origen. Mientras que el combustible es el factor más importante en el primer momento de un incendio, las características del lugar donde se produce son fundamentales para su desarrollo. Un material en combustión cerca de una pared tendrá una mayor rapidez de desarrollo del fuego que otro situado en el centro de una habitación. De la misma manera, los fuegos

situados en una esquina reciben el calor reflejado de dos paredes y crecen más rápidamente. La dimensión más importante de una habitación es la altura del techo. En efecto, cuando una llama en desarrollo alcanza el techo, se extiende entonces horizontalmente y produce una superficie ancha de llama ardiente. Esto a su vez favorece el desarrollo del fuego en los materiales en combustión e inflama los demás. Cuando un fuego se extiende por el techo, la temperatura dentro de la habitación sube hasta que se produce una ignición simultánea de la mayor parte de los demás combustibles disponibles, este fenómeno se conoce como “flashover”. En este punto del desarrollo del incendio se producen grandes cantidades de gases a alta temperatura que hacen que la zona se vuelva totalmente inhabitable. Esto marca el punto a partir del cual no se puede emprender ninguna acción razonable para evitar la muerte de los ocupantes de la habitación.

#### ➔ **Propagación del humo y del fuego.**

La propagación del humo y del fuego pone en peligro a los ocupantes situados más allá de la zona concreta de origen del fuego. El desarrollo de un fuego en una habitación o compartimiento genera una diferencia de presión positiva que tiende a empujar el humo fuera de la zona de origen hacia otros sectores del edificio. Aún sin esta diferencia de presión, el humo y los gases tóxicos pueden llegar hasta las partes más alejadas de una estructura. Habitualmente, los productos del incendio siguen los caminos propios del desplazamiento de los ocupantes, es decir: puertas abiertas, pasillos y escaleras. Sin embargo, existen muchos otros caminos por los cuales el humo y los gases pueden introducirse. Elementos de construcción tales como chimeneas, conducciones, rellenos, espacios huecos, trampillas e incluso ventanas exteriores puede contribuir a la propagación del fuego y del humo.

#### ➔ **Estrategias de seguridad.**

En teoría el diseño de edificios considera los factores de riesgo en asociación con los ocupantes y el incendio, e incluye elementos de seguridad para disminuir dicho riesgo. A continuación se sintetizan las diversas medidas de seguridad aplicables para reducir el peligro de incendio sobre los ocupantes. El mayor número de categorías de estrategias de seguridad han sido contempladas por el Árbol de conceptos de seguridad contra

incendios como: prevención contra incendios, control de incendios y control del entorno expuesto (ocupantes).

➔ **Prevención de incendios.**

Ningún daño se producirá por fuego, si dicho fuego no se produce. La prevención del fuego, por lo tanto, tiene el potencial de eliminar la necesidad de tomar cualquier otro tipo de medida de seguridad. Sin embargo no se ha encontrado todavía ninguna estrategia satisfactoria para eliminar totalmente la ignición no deseada. Las consideraciones básicas de la prevención contra incendios son relativas a las fuentes de energía, los combustibles y los mecanismos por los cuales ambos pueden entrar en contacto.

Las principales fuentes posibles de ignición, tales como la energía eléctrica, pueden ser controladas mediante normativas adecuadas. Por añadidura, algunos combustibles tales como líquidos inflamables y acabados interiores pueden ser regulados por normas, sin embargo no todas las fuentes de ignición ni todos los combustibles pueden estar regulados.

➔ **Control de incendios.**

Ya que es funcionalmente imposible eliminar todas las igniciones, son muy importantes las medidas de seguridad contra el fuego. Las técnicas de las estrategias para el control del fuego pueden ser contempladas como métodos para reducir el desarrollo del fuego. Eso significa: control de la velocidad de producción de humo y calor por modificación del combustible o del ambiente, control del proceso de combustión por extinción manual o automática, y/o control de los productos de la combustión por ventilación y/o confinamiento.

La modificación del combustible o del ambiente para reducir la producción de productos peligrosos en caso de incendio es altamente deseable, pero difícil de llevar a la práctica. El principal obstáculo es de orden económico.

Los sistemas de extinción deberán ser evaluados en términos de su capacidad para controlar el desarrollo del fuego antes que los productos de la combustión alcancen niveles críticos. Los sistemas de control de los humos deben ser considerados como

sistemas de seguridad para la vida humana. El diseño de los sistemas de control del fuego es objetivo de continuas investigaciones.

Los objetivos de la estrategia para el control del incendio son reducir los riesgos en relación con el crecimiento del fuego, reducir éste y la propagación del humo. Unidas estas reducciones, disminuyen el impacto de un incendio en los ocupantes de un edificio.

➔ **Control del entorno expuesto.**

Esta estrategia de seguridad es la más compleja, ya que se debate entre los factores de riesgo del incendio y de las personas. El control, aquí, abarca el tomar una acción adecuada de emergencia contra el esperado desarrollo del fuego, dependiendo de las características de la edificación así como de las características de los ocupantes.

Para iniciar la acción de control de los ocupantes, debe haber en primer lugar las actividades de detección y alarma. Estas funciones pueden ser realizadas por equipos automáticos o por los ocupantes de la edificación. Las acciones para controlar las personas expuestas incluyen evacuación, refugio o rescate. La evacuación es la actitud más usual donde los ocupantes estén alerta y con movilidad. En otros casos, se emplean lugares para protegerlos contra el fuego y el humo.

Los sistemas de salidas de seguridad deben ser evaluados en términos de su adecuación y confiabilidad. La adecuación se refiere a los componentes estructurales que determinan la capacidad para evacuar parte o la totalidad de un edificio en un lapso de tiempo seguro. La credibilidad considera con qué eficacia será utilizada la capacidad de salida. Los factores de credibilidad incluyen mensajes de alerta e instrucciones, señalización, luces de emergencia y protección de las vías de evacuación contra el fuego, humo y gases tóxicos

## ■ ANEXO 2. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO DE EDIFICIOS

Durante el último siglo, las técnicas de diseño y construcción de edificios han variado sustancialmente. Hace cien años el acero para estructura no se conocía y el hormigón armado no se había empleado todavía como elemento estructural. El ejercicio de la arquitectura ha sufrido grandes modificaciones, existiendo hoy día, a disposición de los ingenieros, técnicas de análisis y de diseño totalmente desconocidas hace un siglo. El proyecto de edificios se ha convertido en un proceso muy complejo, que integra en su sistema muchas especialidades, materiales y tecnologías muy avanzadas.

La ingeniería de protección contra incendios, como profesión, ha avanzado a grandes pasos, de forma paralela a otras actividades relacionadas con la industria de la construcción. Al aumentar los conocimientos sobre el comportamiento del fuego, y al mejorar las técnicas de cálculo y diseño, se logró contener los incendios en edificios afectados inicialmente, evitando la pérdida de toda una manzana o de zonas mayores. Luego, se continuó progresando en este campo, de modo que ya el incendio se podía contener en el piso donde se había iniciado. Actualmente, existen conocimientos suficientes para permitir confinar un incendio en el local donde se origina o incluso en subdivisiones espaciales menores de un edificio.

Hoy en día se está desarrollando una gran actividad con respecto al diseño de los edificios protegidos contra incendios. El conocimiento en el campo de protección contra incendios y su continuo desarrollo y reorganización permitirá que los edificios sean diseñados de una manera más racional y eficiente, con respecto a su propia seguridad frente a incendios.

### ● **El proyecto y la seguridad contra incendios.**

El análisis integral y consciente de la seguridad contra incendios en edificios debe formar parte del proceso de confección del proyecto arquitectónico para que sea efectivo y

económico. Todos los miembros del equipo de proyecto tradicional deben incluir en sus campos de acción específicos la consideración de las condiciones de emergencia que pueden crear los incendios. Cuanto antes se conozcan y establezcan los objetivos de seguridad contra incendio y se tomen las medidas de cálculo y diseño respectivas, más eficaces y económicos serán los resultados. Los proyectistas suelen conceder una atención mínima a la incorporación eficaz de elementos de seguridad contra incendios en el diseño de las edificaciones y, más aún que los arquitectos e ingenieros se limitan, al igual que sus clientes, al cumplimiento mínimo de las normas de seguridad contenidas en las ordenanzas municipales o nacionales; muy a menudo, tanto unos como otros, suponen incorrectamente que las ordenanzas recogen medidas de seguridad totalmente adecuadas, cuando en realidad establecen tan sólo las exigencias mínimas aconsejables.

En otros casos, los propietarios y los ocupantes de los edificios conciben los incendios como algo que nunca les sucederá y se enfrentan al riesgo de incendio sin una protección completa, considerando que las medidas de seguridad pueden ser costosas, o que el fuego es un riesgo adecuadamente cubierto por la existencia de una póliza de seguro o que tendrán a su disposición una protección pública contra el incendio.

Las circunstancias que se derivan de éstas actitudes no deben existir ni muchos menos continuar. Existe información suficiente al alcance del profesional que permite incorporar, en mayor medida, a los proyectos la protección contra incendios. Pero, para eso es preciso que los diversos miembros del equipo de proyecto reconozcan que las condiciones de seguridad contra incendios constituye un aspecto legal de sus responsabilidades como proyectistas.

#### **Objetivos de la seguridad contra incendios en el diseño de edificios.**

Antes de que el diseñador pueda tomar decisiones concretas acerca de la seguridad contra incendios, será necesario que identifique claramente las necesidades específicas del cliente respecto a la función del edificio. El proyectista debe preparar un cuestionario exhaustivo y evaluar las condiciones generales y específicas que han de incorporarse en el edificio.

Este cuestionario gira alrededor de las decisiones relativas a estas tres áreas:

- Seguridad humana
- Protección de los bienes
- Continuidad de las actividades

#### ➔ **Seguridad humana.**

A menudo se considera que al diseñar edificios basta con cumplir las normas de los reglamentos locales de construcción para proteger debidamente la actividad humana. Esta protección de la seguridad de los ocupantes puede o no ser suficiente, según el cometido al que esté destinado el edificio y las actividades que en él se desarrollen.

El primer paso en el proyecto de la seguridad humana es identificar las características de los ocupantes del edificio. ¿Cuáles son las capacidades físicas y mentales de los ocupantes?, ¿Cuál es el alcance de sus actividades y ubicaciones durante los siete días de la semana?, ¿Se precisan consideraciones especiales para ciertos períodos del día o de la semana?. Resumiendo, el proyectista deberá anticipar las necesidades especiales para la seguridad humana de todos los ocupantes, durante todo el período de tiempo que vivan en el edificio.

La identificación de los objetivos de seguridad humana no es, normalmente, difícil, pero sí requiere un esfuerzo consciente. Además requiere considerar el tiempo y extensión que los productos de combustión pueden tener cuando recorran el edificio. Lo que determina el nivel de riesgo que posee el edificio, es la relación que existe entre la respuesta del edificio frente al fuego, y las actividades de sus ocupantes durante la emergencia.

El proyecto para asegurar vidas humanas puede referirse a una, o a la combinación de tres alternativas. Estas alternativas son: evacuar a los ocupantes, defender a los ocupantes en el mismo lugar del incendio, o facilitar una zona de refugio efectiva. Estas alternativas podrán ser consideradas teniendo en cuenta que los espacios del edificio serán soportables por un período de tiempo que tome el esperado nivel de seguridad.

Los criterios de que estos espacios sean soportables se convierten en una importante parte del proyecto.

El proyecto para la evacuación de un edificio, recoge dos componentes principales; uno de ellos es la disponibilidad de un camino o caminos que sean aceptables, y por los cuales se pueda producir el escape; el segundo es el de poseer unos sistemas de alarma efectivos para que los ocupantes tengan el suficiente tiempo como para llegar a las salidas antes de que ciertos segmentos del camino hacia la salida se conviertan en insoportables.

El segundo proyecto alternativo en relación con la seguridad humana, es defender a cada individuo que se encuentra en el edificio. El proyecto debe defender a las personas en el lugar donde ocurra el incendio, también utiliza un criterio de actuación, teniendo en cuenta los niveles de tiempo y que todas las zonas permanezcan a niveles soportables. El criterio de actuación en relación con el tiempo puede establecer que todos los espacios del edificio deberían ser considerados como sostenibles por “x” minutos después de comienzo del incendio. La duración que se da a “x” puede ser identificada como un período mucho más largo que la duración total de cualquier posible incendio. La definición de la soportabilidad puede ser completamente diferente a aquélla que sea aceptable para proceder a la evacuación.

La tercera alternativa es proyectar una zona de refugio. Esto se refiere al movimiento de los ocupantes a través del edificio, hacia los lugares proyectados como refugio. Este tipo de proyecto es más difícil que las otras dos alternativas, ya que comprenden los principales aspectos del proyecto de cada una de ellas. En ciertas clases de edificios, ésta podrá ser una alternativa razonable; sin embargo, la evaluación de la efectividad del proyecto y su probabilidad de éxito son extremadamente importantes.

#### ➔ **Protección de los bienes.**

La propiedad de algunos objetos que tengan un alto valor monetario o de cualquier otro tipo, debe ser identificada con el fin de protegerlos adecuadamente en caso de incendio. Algunas veces, se precisa de zonas especialmente protegidas. En otros casos, pueden considerarse adecuado tener otro lugar donde depositar un duplicado de los datos más

importantes; sin embargo, el proyectista debería asegurarse de sí el usuario del edificio tiene pertenencias que requieren una protección especial contra incendios.

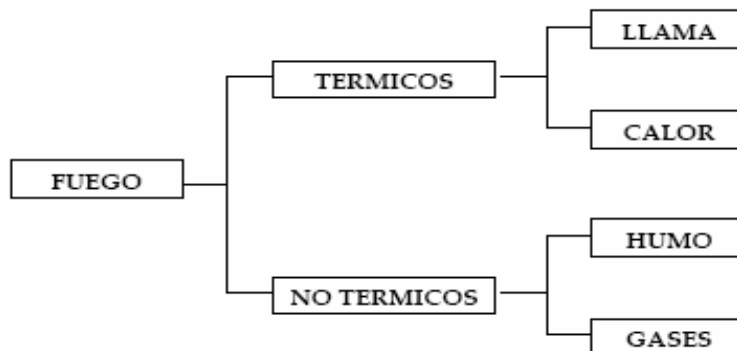
➔ **Continuidad de las actividades.**

En tercer lugar, el proyectista tiene que preocuparse de que se mantenga la continuidad de las actividades después de un incendio. El propietario tiene que indicar cuánto tiempo puede soportar la inactividad sin que sus ingresos sufran gravemente. A menudo, hay ciertas operaciones o localizaciones en el edificio que son más importantes que otras para la continuidad del negocio. El proyectista tiene que identificar esas zonas especialmente importantes, a fin de proteger debidamente las operaciones cruciales para la vida comercial de la compañía. Con frecuencia, estas zonas necesitan más atención que el resto del edificio.

➔ **Peligro de incendio en los edificios.**

Los productos de combustión que debe tener en cuenta el proyectista pueden dividirse en llamas, calor, humo y gases, como se representa esquemáticamente en la figura 11. Un proyecto efectivo permitirá proteger a las personas y a los bienes expuestos a los peligros que representan estos elementos. Es tarea del proyectista reconocer estos peligros e incorporar en el proyecto las medidas preventivas correspondientes.

**Figura 17. Representación esquemática de los productos de combustión que influyen sobre el proyecto de edificios.**



### ➤ **Humo y gases.**

La experiencia ha demostrado que el peligro más grave y más común para las personas involucradas en un incendio proviene del humo y de los gases tóxicos. Casi las tres cuartas partes de las muertes derivadas del incendio de edificios guardan una relación directa con estos productos no térmicos, de la combustión.

El humo, además de los gases tóxicos e irritantes que lo acompañan, contribuye indirectamente al gran número de muertes. El humo denso limita la visibilidad e irrita los ojos. En consecuencia, los ocupantes de un edificio incendiado tienen dificultad en identificar las vías de escape o valerse de ellas.

### ➤ **Calor y llamas.**

Suele suponerse erróneamente que las quemaduras causadas por el calor y las llamas son la causa principal de las muertes y lesiones debidas al fuego.

No obstante, aunque las lesiones causadas por las temperaturas elevadas no resisten cuantitativamente la comparación con las causadas por la inhalación de humos y gases tóxicos, hay que reconocer que son dolorosas, graves y causan shock. Estadísticamente, los productos térmicos de la combustión son responsables de casi el 25% de las muertes por incendio.

### ➤ **Elementos y contenidos de los edificios.**

Los bienes también resultan afectados por los productos de combustión, térmicos y no térmicos. Los daños por humo afectan, a menudo, a aquellas pertenencias situadas a grandes distancias de los focos de calor y de las llamas. Los incendios que no se extinguen con rapidez dan como resultado, la mayoría de las veces, el que se ocasionen grandes daños por agua que afectan a los contenidos y al edificio, a no ser que se hayan incorporado medidas especiales que prevengan estos daños.

El derrumbamiento de los elementos estructurales representa también un peligro muy grave. Aunque estadísticamente no aparece como causa de muchas muertes o lesiones a los ocupantes, supone un peligro notorio para los bomberos. Aunque muchos de estos derrumbes son consecuencia de errores de diseño o ejecución de la obra, otros se deben a reformas o renovaciones de edificios existentes que afectan, aunque no se aprecie a su integridad estructural.

El desarrollo rápido de las llamas que afecta al acabado de los materiales o a los contenidos de un edificio, y la propagación vertical del incendio, son temas muy importantes. La capacidad de servicio para contener o extinguir un incendio disminuye significativamente si el fuego se propaga verticalmente a dos o más pisos. Teniendo en cuenta que existe un potencial dado para el crecimiento del incendio, la prevención de la propagación vertical del fuego se ve influenciada principalmente por las decisiones arquitectónicas y estructurales tomadas, abarcando detalles de compartimentación.

➔ **Riesgos de propagación del incendio.**

La velocidad y posibilidad de propagación y desarrollo de un incendio dentro de las habitaciones pueden variar mucho. Sus contenidos y acabados interiores ofrecen bastante seguridad en algunos casos, haciendo improbable que el fuego, una vez iniciado, pueda aumentar hasta afectar toda la habitación. En otras, sin embargo, el decorado interior presenta grandes peligros que, al producirse un incendio, permiten con casi absoluta certeza, su propagación a la totalidad de la habitación.

Al señalar los riesgos, se ha recurrido tradicionalmente a las cargas de combustibles que reflejan las clases de utilización y ocupación. Se ha preferido clasificar los tipos de edificios en lugar de las habitaciones contenidas en ellos. Por ejemplo, los edificios utilizados con fines residenciales y educativos se consideran de bajo riesgo porque contienen, normalmente, cargas de combustibles relativamente pequeñas en las habitaciones; los edificios mercantiles, normalmente, son de riesgo moderado, mientras que ciertos edificios industriales y almacenes pueden considerarse peligrosos por contener grandes cantidades de materiales combustibles.

Este tipo de clasificación constituye el fundamento de las normas de los códigos de construcción. Los riesgos de propagación del incendio representan una base útil tanto para proyectar las medidas de extinción como para calcular los problemas de seguridad humana. Las características de combustión en el interior de la habitación constituyen el fundamento para analizar los peligros de propagación del incendio. Este análisis comprende los siguientes aspectos:

- Carga de combustible – tipo de materiales y su distribución.
- Acabado interior de la habitación.
- Suministro de aire.
- Tamaño y forma de la habitación.

### ➔ **Elementos integrantes de la seguridad contra incendios de los edificios.**

La seguridad contra incendios de los edificios puede lograrse mediante la prevención de incendios, restringiendo sus efectos por medio de un diseño adecuado. La prevención de incendios se logra separando las fuentes de ignición de los materiales combustibles. Aunque éste es un aspecto importante dentro del contexto global de la seguridad contra incendios, la experiencia demuestra que la seguridad contra incendios no puede basarse totalmente en la prevención.

El proyecto del edificio y los elementos de su construcción que influyen en su seguridad competen a la toma de decisiones del equipo de proyectistas, basándose en que los objetivos de seguridad contra incendios están claramente definidos por la dirección, los propietarios u otros miembros responsables, públicos y privados.

### ➔ **Prevención de incendios.**

Los responsables de prevenir incendios, no son los mismos que los del proyecto de un edificio. Las decisiones que conciernen a estos elementos están generalmente bajo el control del propietario del edificio, de sus ocupantes o de ambos.

### ➔ **Extinción automática en incendios de edificios.**

Entre los sistemas automáticos de extinción se encuentran: dióxido de carbono, productos químicos secos, agentes de halón, espuma de alta expansión y rociadores, que son utilizados para facilitar la protección de ciertas zonas del edificio, para las cuales están diseñados particularmente. El método más utilizado para dominar automáticamente los incendios es el sistema de rociadores automáticos.

### ➤ **Ventilación.**

La ventilación es una operación importante en la lucha contra incendios. Comprende el alejamiento de los humos, gases, y calor de los edificios. La ventilación de los espacios de un edificio da como resultado las siguientes importantes funciones:

Protección de las vidas humanas, alejando o desviando los gases tóxicos y humos de los lugares donde los ocupantes del edificio deberán encontrar refugio temporal.

Control de la propagación o dirección del fuego, instalando corrientes de aire que dirigirán el incendio en la dirección deseada. De esta manera, los ocupantes o pertenencias valiosas podrán ser protegidas más rápidamente.

Tomar las debidas medidas para alejar los gases combustibles que no han ardido, antes de que éstos adquieran una combinación inflamable, evitando contracorrientes o explosiones de humo.

Es por tanto necesario proporcionar los medios efectivos que faciliten las prácticas de ventilación, siempre que sea posible. Esto puede incluir la instalación de paneles de acceso, ventanas móviles, claraboyas, o cualquier otro espacio que pueda ser abierto rápidamente en caso de emergencia.

### ➤ **Suministros de agua y utilización.**

El agua es el principal agente utilizado para extinguir incendios en edificios. A pesar de que, ocasionalmente, puedan emplearse otros agentes (dióxido de carbono, productos químicos secos y otros), el agua permanece como principal elemento para la extinción de incendios.

Normalmente el agua es suministrada al edificio por conductos que forman parte del sistema de distribución de la misma. Muy pocas ciudades pueden suministrar una cantidad suficiente de agua, con la presión requerida, a cada extremo de la ciudad. Por ello, el agua suministrada a los hidrantes, a las tomas de agua, o rociadores automáticos, deberá ser ayudada por bombas.

➤ **Barreras.**

Las barreras, tales como los tabiques y los suelos, separan los espacios de un edificio. Estas barreras demoran o impiden que el fuego se propague de un lugar a otro. La efectividad de una barrera depende de su inherente resistencia al fuego, de los detalles de su construcción, y de los huecos que tenga, tales como ventanas, puertas, conductos, tuberías, tendidos eléctricos y parrillas. La mayor función de las barreras es prevenir cualquier ignición en las habitaciones adyacentes.

➤ **Desplome del edificio.**

Se debe considerar la posibilidad de desplome del edificio. La relación entre la gravedad de un incendio y su resistencia frente a él, hasta desplomarse, son los principales factores a tener en cuenta. El desplome de un edificio se asocia más con las deficiencias habidas en su construcción. Estas deficiencias no se evidencian en el uso normal y diario del edificio, se convierten en un problema cuando el incendio debilita los elementos de soporte y se inicia un desplome progresivo.

➤ **Protección de las personas.**

El proyecto arquitectónico de un edificio tiene una significativa influencia en su capacidad de seguridad frente a un incendio. Su disposición interior, los modelos de circulación, acabado de materiales y los servicios del edificio, son todos factores importantes en la seguridad frente al fuego.

La protección humana es condición primordial de la seguridad contra incendios en edificios, abarca las complejas y mutuas relaciones existentes entre el incendio, el edificio y los ocupantes. El primero incluye su tamaño, propagación y duración, así como el desplazamiento del humo producido. El diseño del edificio incluye los sistemas para avisar a los ocupantes en caso de incendio, así como para proporcionarles refugios temporales hasta que puedan abandonarlo o se consiga extinguir el incendio. El tiempo es el elemento que tienen en común todos estos compuestos.

## ● Teoría de sistemas para la seguridad contra incendios en edificios

### ➡ Análisis de sistemas.

Un sistema es un conjunto interdependiente de componentes; la descripción de un sistema es la descripción de sus componentes y de las interacciones existentes entre ellos. La expresión “análisis de sistemas” describe un procedimiento cuidadoso, metódico y perfectamente documentado para resolver problemas. El análisis de sistemas abarca los siguientes pasos:

- Llevar al papel una descripción exacta del problema que se desea resolver.
- Definir y redactar la descripción del sistema en estudio.
- Preparar una lista de todos los supuestos o hipótesis formuladas acerca del sistema y el problema.
- Recopilar la documentación referente a los datos y fuentes de información.
- Revisar los métodos y procedimientos que han de utilizarse en el análisis.
- Ejecutar el análisis señalado.
- Documentar convenientemente los resultados obtenidos.
- Extraer conclusiones derivadas de los resultados y documentarlas.

La disciplina del análisis de sistemas exige documentar cada etapa para permitir la revisión posterior. Con frecuencia, habrá que realizar algunas etapas varias veces para obtener resultados satisfactorios. Además, los métodos y procedimientos utilizados en el análisis quizás exijan construir modelos y utilizar procedimientos simulados mediante un computador.

### ➡ Metodología de sistemas aplicada al problema de los incendios.

Existen tres métodos para incorporar la seguridad contra incendios dentro del proyecto de un edificio. El primero consiste en exigir que el proyecto y la construcción cumplan los requisitos fijados por los códigos y normas de construcción. Estos se fundamentan en

análisis y experiencias de incendios y, tradicionalmente, son pocos flexibles y admiten escasas desviaciones.

La segunda metodología nace como solución para superar la rigidez de los códigos de especificaciones técnicas, se ha centrado la atención sobre la redacción de códigos de aplicación práctica. Su principal inconveniente es que los componentes de los edificios suelen considerarse según su función arquitectónica. Resulta difícil obtener la concepción del comportamiento, en relación con la seguridad contra incendios de cada componente por separado, así como medir dicho comportamiento. Además, al estudiar la totalidad del edificio como un sistema o un conjunto, el comportamiento físico satisfactorio de los distintos componentes no garantiza el nivel de seguridad deseado del edificio en conjunto.

El tercer camino para obtener un sistema de diseño de edificios ajustado a las necesidades de la seguridad contra incendios entiende dicha seguridad como un subsistema integrado en el edificio de modo semejante a los subsistemas estéticos, funcionales, estructurales, eléctricos o mecánicos. Cabe proyectar la seguridad contra incendios de los edificios utilizando la metodología de la ingeniería en lugar del mero cumplimiento de estricto de los códigos. Este enfoque exige la aplicación de una tecnología profesional, ofreciendo, además, la obtención probable de un nivel más alto de economía y eficacia en su utilización.

De igual modo, para conocer debidamente el nivel de seguridad contra incendios en cada caso, y formular las recomendaciones adecuadas para mejorarla, es necesario poder evaluar el impacto de cada cambio en la estructura, dentro del contexto de todos los demás atributos de aquélla. Por ejemplo, si al renovar un edificio, hay que adaptarlo al nivel del código, ¿habrá que cumplir estrictamente sus requerimientos o existen otros medios para conseguir el mismo nivel de seguridad? Al ampliar la lógica del razonamiento se observa que resulta también conveniente calcular hasta qué punto el cambio en el código o la norma puede influir sobre el nivel de la seguridad, teniendo en cuenta los demás factores sobre el “sistema de seguridad contra incendios”. Por lo tanto, resultaría muy conveniente en previsión de incendios, calcular el impacto de los procedimientos y materiales actuales sobre el nivel de seguridad contra incendios obtenido al cumplir un código o norma determinada.

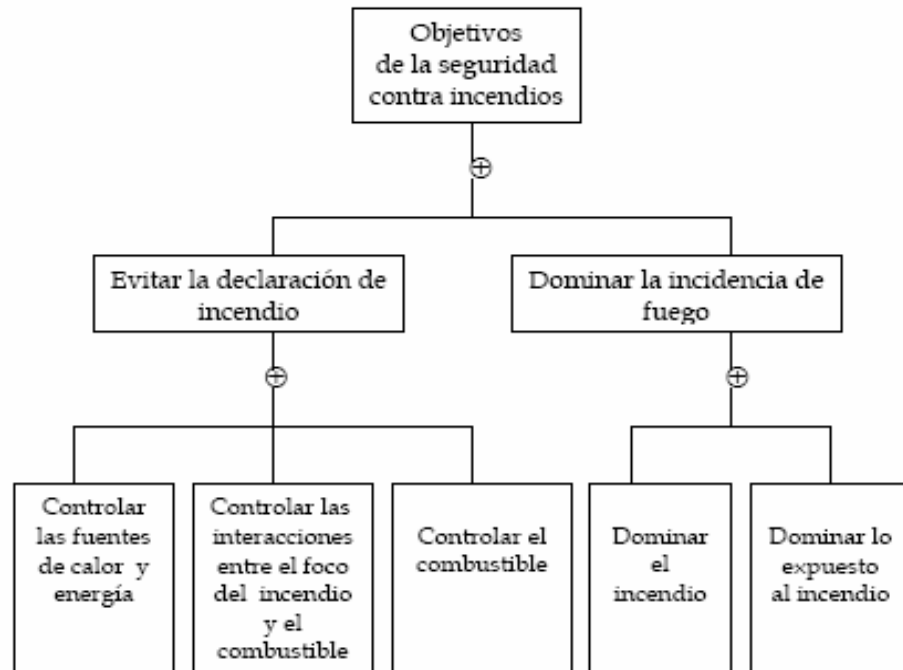
En la década de los 60 comenzó a tomarse conciencia de que los modernos edificios de gran altura proyectados con observancia de los códigos y normas de la construcción contenían puntos débiles en relación a su seguridad contra incendios. Varios investigadores y distintos organismos determinaron algunos de esos puntos débiles. Simultáneamente, la NFPA decidió crear un comité para el estudio de las estructuras de edificios de gran altura el cual, decidió que su contribución no debía reducirse a desarrollar normas para estos edificios, sino que tenía que dirigirse hacia la definición de sistemas de seguridad contra incendios para cualquier tipo de construcción. Después de numerosos cambios surgió finalmente el Árbol de decisiones de seguridad contra incendios.

➡ **Árbol de decisiones de la seguridad contra incendios.**

El árbol de decisiones de la seguridad contra incendios resume el consenso de la comisión de la NFPA sobre teorías de sistemas para la protección contra incendios de estructuras. Pero no es, ni pretender ser, el único medio para reunir todos los factores que participan en la seguridad contra incendios.

El árbol de decisiones describe los elementos que deben tenerse en cuenta para determinar la seguridad contra incendios de los edificios y la interrelación que existe entre ellos. Permite el análisis de un edificio o proyecto, avanzando progresivamente por los diferentes niveles de intervención de una manera lógica. Su éxito depende de la exhaustividad con que se realice el análisis de cada nivel de intervenciones. Sin embargo, los niveles inferiores no deben menospreciarse, ya que constituyen un medio para alcanzar el nivel inmediato superior. Además se puede consultar la norma NFPA 550 Guide to the Fire Safety Concepts Tree, con el fin de obtener un detallado método para usar dicho árbol.

Figura 18. Ramas principales del árbol de decisiones de la seguridad contra incendios.



Fuente: Manual de protección contra incendios

#### ➔ **Objetivos de la seguridad contra incendios.**

El empleo de este árbol de decisiones exige que los objetivos de la seguridad contra incendios estén claramente definidos. Estos objetivos expresan el grado de protección que el edificio ha de proporcionar a sus ocupantes, a su contenido y a sus vecinos.

Los objetivos de la protección humana varían ampliamente según el empleo, uso o destino específico del edificio de que se trate.

Para establecer los objetivos de protección de los bienes, debe hacerse una multitud de preguntas. Por ejemplo, Existe en el edificio algún objeto de gran valor?, Qué clase de bien, objeto o artículo, es irremplazable, o cuál cuya destrucción significaría la interrupción de las actividades?, ¿Existen funciones específicas en el edificio que son vitales para la continuación de las actividades? Más aún, ¿existen funciones que puedan realizarse en otros lugares en caso de emergencia? La correcta determinación de este tipo de factores permite realizar un diseño que recoja las necesidades del cliente.

➤ **Evitar la declaración del incendio o dominar la incidencia del fuego.**

El árbol suministra la rama lógica necesaria para conseguir la seguridad contra incendios, es decir, crea las condiciones que permiten cumplir los objetivos de la misma, pero no fija la condición mínima necesaria para lograr dichos objetivos. Así, según el árbol estas metas pueden conseguirse si la ignición se previene o si, en caso de producirse, se controla el fuego. Esta función lógica está representada en dicho árbol por el símbolo “+”.

La rama “Evitar la declaración de incendios” constituye, esencialmente, un código de prevención de incendios. La mayor parte de las intervenciones descritas en ellas exigen una vigilancia continua para que tengan éxito. Consecuentemente, la responsabilidad de alcanzar con éxito el objetivo de evitar el incendio es esencialmente responsabilidad del ocupante y de los propietarios. Sin embargo, debe incorporarse en el diseño del edificio ciertas características que ayuden a esta tarea.

Es prácticamente imposible impedir totalmente la declaración de un incendio en un edificio. Por lo tanto, para alcanzar el objetivo general, desde el punto de vista del proyecto, hace falta que la rama “Dominar la incidencia del fuego” asuma un papel importante y tenga muchas probabilidades de éxito. Esta rama puede ser considerada en esencia como un código de la edificación. Declarado un incendio, todas las consideraciones pertinentes para cumplir los objetivos de seguridad conciernen a esta rama.

Los efectos del fuego pueden dominarse, tanto por la vía titulada “Dominar el incendio” como por la titulada “Dominar lo expuesto al incendio” (ver Figura 3.2). La puerta “O” indican que los objetivos pueden alcanzarse por cualquiera de ellas, y que no es necesario seguir ambas, siempre que la vía escogida se cumpla completamente. Como es lógico, nada impide acometer ambas simultáneamente, lo que aumenta la probabilidad de éxito.

➤ **Utilización del árbol de decisiones.**

El árbol de decisiones puede utilizarse para funciones diferentes. El carácter descriptivo de los requisitos más importantes de los códigos constituye uno de los aspectos más útiles del mismo.

### ➤ **Prevención de incendios.**

La rama “Evitar la declaración del incendio” es, fundamentalmente, un código de prevención de incendios. Describe y presenta las relaciones recíprocas entre las características esenciales de un código de esta clase.

La rama “Dominar la incidencia del fuego” constituye fundamentalmente un código de construcción. Una característica importante de los códigos de construcción es el tema de las alternativas o “soluciones de compromiso”. Las soluciones alternativas pueden usarse únicamente en las áreas correspondientes a los factores situados por debajo de una puerta “O” en el árbol de decisiones. Los factores situados por debajo de una puerta “Y” son necesarios y, por lo tanto, no admiten soluciones alternativas.

### ➤ **Análisis de edificios.**

El árbol de decisiones constituye una buena base para los análisis de seguridad contra incendios. En todo caso, antes de actuar, es imprescindible que se establezcan y se acuerden los objetivos. Una vez que los objetivos fundamentales de seguridad contra incendios de un edificio han quedado identificados y definidos, se puede analizar el proyecto pasando progresivamente por los diversos niveles de intervención, evaluando las redundancias, superposiciones y deficiencias. A menudo, los fallos son tan claros que es fácil hallar, con arreglo a criterios de economía, soluciones efectivas y específicas.

El análisis de edificios, basado en el árbol de decisiones, tiene, entre otras, la ventaja de que permite examinar separadamente las consideraciones de prevención de incendios y los requisitos necesarios para dominar los efectos del fuego en caso de que éste se produzca.

### ➤ **Diseño de edificios.**

El árbol de decisiones puede emplearse efectivamente en el diseño de edificios. Si se aplica durante la fase preliminar de la planificación del proyecto, será posible tomar más eficazmente muchas decisiones importantes. Por ejemplo, en esta etapa puede decidirse sobre la evacuación o el refugio temporal y sobre sus implicaciones respectivas para las funciones del edificio. De este modo, se reconocen las necesidades específicas que afectan a la decisión tomada.

## ● **Niveles de riesgo.**

En cuanto a niveles de riesgo la norma NPFA 101 Life Safety Code establece tres categorías ocupacionales así:

- Peligrosidad baja
- Peligrosidad ordinaria
- Peligrosidad alta

Categorías que también están contempladas en la norma ICONTEC 1669 Código para el suministro y distribución de agua para la extinción de incendios, su diferencia recae principalmente en la utilización del término “riesgo” por “peligrosidad”, además de ser más exigente en cuanto a las ocupaciones características de cada nivel.

Para el estudio realizado se tendrá en cuenta las indicaciones de la norma ICONTEC 1669

### ➔ **Riesgo Leve (I).**

Se tomarán como de riesgo leve a aquellas ocupaciones donde la cantidad de los materiales presentes es baja, su combustibilidad es baja y la tasa de liberación de calor es baja, y aquellas que den una carga de combustible inferior a 35 kg/m<sup>2</sup> en términos de madera.

Ocupaciones características de este riesgo pueden ser edificios de apartamentos u oficinas, escuelas, iglesias, clubes, hospitales, asilos, salas de computadores, restaurantes.

### ➔ **Riesgo Moderado (II).**

Aquel que se presenta en edificaciones donde se encuentren materiales que pueden arder con relativa rapidez, o que produzcan gran cantidad de humo, y cuya carga de combustible este entre 35 y 75 kg/m<sup>2</sup> en términos de madera.

Ocupaciones características de este riesgo pueden ser garajes, plantas de cemento, plantas procesadoras de alimentos, panaderías, fábricas de bebidas, fábricas de joyas, plantas de electrónica, lavanderías, fábricas de vidrio.

➔ **Riesgo Alto (III).**

Aquel que se presente en edificaciones donde se encuentren materiales que puedan arder con rapidez y/o donde se producen humos, vapores tóxicos, y/o exista la posibilidad de explosión y cuya carga de combustible sea superior a 75 kg/m<sup>2</sup> en términos de madera

Ocupaciones características de este riesgo pueden ser: fábricas procesadoras de algodón, abridores y bajantes textiles, plantas de procesamiento y almacenamiento de líquidos inflamables, plantas de fabricación de madera prensada, fábrica de colchones de espuma, bodegas de alto volumen de almacenamiento de algodón.

● **Prevención de incendios**

La prevención de incendios incluye todas las actividades que tienden a hacer disminuir la incidencia de un incendio. Normalmente, entre los métodos más utilizados se incluyen la inspección, la educación sobre seguridad y la investigación de incendios.

La inspección constituye el medio más eficaz para descubrir y corregir deficiencias que representen una amenaza a las personas y propiedades. Las inspecciones ayudan a asegurar que las condiciones de una estructura sean seguras. Estas incluyen la comprobación de las condiciones de las salidas y acabados interiores, el funcionamiento de las puertas de salida, luces de emergencia, señalización de salidas y equipos de protección contra incendio, condiciones de zonas de almacenamiento así como el mantenimiento y funcionamiento de las instalaciones del edificio. Las inspecciones pretenden que no se produzcan incendios mediante la identificación de los peligros de incendio que pueden provocar un fuego, ni permitir que un fuego se desarrolle o propague una vez desencadenado.

La educación se emplea para informar e instruir al público en general acerca del peligro de los incendios y de las formas de actuación seguras en caso de incendio. La investigación de incendios ayuda determinando la causa del incendio, el descubrimiento de las causas de los incendios es la base para el establecimiento de prioridades en un programa de prevención, llevándose a cabo programas adecuados dirigidos a problemas concretos. Las prácticas de ingeniería, otro método de prevención, contribuye poderosamente a disponer de protecciones apropiadas que ayuden a evitar que se desencadenen fuegos, también contribuyen a limitar la propagación del incendio si éste comienza.

El principal objetivo de un programa de prevención de incendios es reducir o eliminar la probabilidad de incendio en el lugar de trabajo, mediante una mayor conciencia de la necesidad de seguridad de todos los empleados. Mientras que la promulgación, enseñanza y supervisión de los planes de prevención de incendio suelen ser responsabilidad de una sola persona, el objetivo principal del programa es ofrecer a todos los empleados la información necesaria para saber cuando existe peligro de incendio y para tomar las medidas adecuadas a fin de que tal situación no desemboquen en un incendio. De este objetivo se derivan otros que, en conjunto, servirán para alcanzar el objetivo final de la seguridad.

### ■ ANEXO 3. ESTUDIO E INTERPRETACION DE LAS NORMAS.

Este capítulo busca hacer una recopilación de las normas existentes de protección y control de incendio en dos aspectos fundamentales:

#### PROTECCIONES PASIVAS

- Requerimientos de los elementos estructurales y acabados
- Requerimientos arquitectónicos de las vías de evacuación.

#### PROTECCIONES ACTIVAS

- Requerimientos de los diferentes sistemas activos de protección de incendios.

Para su elaboración se baso fundamentalmente en el estudio y comparación de normas nacionales como:

- Norma NSR-98. Títulos J y K.
- Norma NTC 1669. Código para el suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones. Sistemas de hidrantes.
- Norma NTC 2301. Código para el suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones. Sistemas de regaderas.
- Norma NTC 1461. Símbolos dimensiones y disposición para señales de seguridad.
- Norma NTC 1462. Colores de seguridad.

Y normas internacionales de la National Fire Protection Association como:

- NFPA 101. Código de Seguridad Humana. Vías de evacuación. Requisitos de acabados
- NFPA 10. Instalación mantenimiento y empleo de extintores portátiles.
- NFPA 14. Sistemas de toma fija y mangueras.

La forma de presentación será:

- Justificación de las normas de protección especialmente en cuanto a vías de evacuación.
- Cuadros comparativos entre una u otra norma.
- Desglosamiento de las diferentes requisitos de forma muy explícita

## ● **Requisitos de elementos estructurales y acabados.**

### ➔ **Resistencia de los elementos estructurales y otros.**

Un edificio de construcción resistente al fuego está diseñado para permitir la combustión completa de su contenido sin que se produzca el colapso de su estructura. El diseño de construcción resistente al fuego no asegura la protección de sus ocupantes. Sin embargo, la posibilidad de mantener la estabilidad estructural durante un incendio es un factor importante para la preservación de las zonas de salidas de emergencia. Cuando se necesita una zona resistente al fuego de dos horas en las salidas, es necesario que la estructura general del edificio pueda resistir durante este mismo tiempo.

Uno de los factores más importantes es el diseño de un edificio de varios pisos, en cuanto a seguridad, debido a la tendencia natural del fuego a propagarse en sentido vertical, dentro de un edificio, se han de examinar con mucha atención los detalles del diseño y de la construcción a fin de reducir este efecto. El mayor peligro para la vida humana se sitúa en fuegos que se inician por debajo de los ocupantes y de las vías de evacuación (en los sótanos, por ejemplo). Igualmente, los incendios en los edificios de varios pisos pueden producir una inundación de humo en las vías de evacuación interiores antes de que se pueda proceder a ésta. Por el contrario, la evacuación es relativamente sencilla cuando el incendio se declara por encima de los ocupantes, con tal de que se dé la alarma y haya salidas de emergencia adecuadas. La influencia de los materiales utilizados en la construcción depende ampliamente de cómo estos materiales pueden entrar en combustión, soportar el fuego o crear una cantidad anormal de humo cuando están expuestos al fuego. La utilización de ciertos plásticos, por ejemplo para el aislamiento, puede contribuir a una extensión rápida de las llamas y del humo.

### ➔ **Normas generales.**

Las siguientes son las normas mínimas de elementos estructurales y otros que se deben considerar al momento de diseñar y construir una edificación, se presentan algunas modificaciones con respecto a la NSR-98 ya que se considera que debería unificar criterios con respecto a las ICONTEC.

- Los elementos estructurales y los elementos de construcción deben tener como mínimo una resistencia al fuego como lo indica la tabla 6

**Tabla 14. Resistencia requerida al fuego (en horas)**

ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN	CATEGORIA SEGÚN RIESGO		
	III	II	I
Muros cortafuego	3	2*1/2	2
Muros de cerramiento de escaleras, ascensores, buitrones, ductos para basuras y corredores de evacuación.	2	2	1*1/2
Muros divisorios entre unidades	2	1*1/2	1
Muros interiores no portantes	½	¼	-
Columnas, vigas y muros portantes de cualquier material, y estructuras metálicas en celosía	2	1*1/2	1
Cubiertas	1	1	½
Escaleras	1	½	¼

- Los recintos con aberturas (ventanas) en por lo menos dos de sus muros, que representen más del 50% del área total de dichos muros no requieren protección especial contra el fuego.
- Si a un mismo elemento le corresponden dos o más resistencias al fuego, por cumplir diversas funciones a la vez, deberá tomarse la de mayor exigencia.
- No es necesario proteger contra el fuego las estructuras de cubierta de material incombustible que estén a una altura sobre el piso de 7.5 m ó más ya que sería una pérdida de material por inoperante.
- Las resistencias al fuego que se indican para los muros de cerramiento de ascensores son obligatorios sólo si el ascensor circula en una caja cerrada por sus cuatro costados.
- Las puertas de acceso al ascensor serán de materiales no combustibles.
- Los elementos estructurales verticales, horizontales o escaleras que por su ubicación en el edificio, queden protegidos de la acción del fuego por otro elemento, que se interponga entre ellos y el fuego, no deberá exigirsele la resistencia al fuego enumerada en la tabla 15
- Las escaleras que comunican hasta dos pisos dentro de una misma unidad estarán exentas de exigencias de resistencia al fuego.

- Toda área mayor de 1000 m<sup>2</sup>, debe dividirse en áreas menores con muros cortafuego, hechos de ladrillo macizo o de concreto, con los espesores mínimos prescritos a continuación.

**Tabla 15. Espesor mínimo para muros corta fuego**

ALTURA LIBRE DEL MURO	ESPESOR MINIMO (m)	
	LADRILLO MACIZO	CONCRETO MACIZO
Hasta 4.0 m	0.25	0.07
Más de 4.0 m	0.40	0.15

- Los muros de cerramiento de escaleras y ascensores, buitrones, ductos para basuras y corredores de evacuación, deben ser construidos sin interrupción desde el cimiento hasta el techo de la estructura. Estos muros deberán ser construidos en concreto, bloques de concreto o ladrillo macizo. Las aberturas en estos muros deberán tener puertas con una resistencia al fuego por lo menos igual a la de 105 minutos. Estas puertas en condiciones normales deberán permanecer cerradas.
- Si la cubierta de la edificación está hecha o soportada con materiales combustibles y si el recinto almacena materiales inflamables, el muro cortafuego para el último piso debe sobresalir, por lo menos, 0.5m por encima de la cubierta de techo más alta.
- Cualquier espacio entre particiones, muros, pisos, techos, escaleras y espacios para tuberías, que permita el paso de llamas o gases de un piso a otro, o de un área encerrada a otra, debe llenarse con materiales cortafuego. Como materiales cortafuego incombustibles, puede utilizarse ladrillos macizos pegados con mortero, concreto, láminas metálicas de por lo menos 0.5 mm de espesor ó láminas de asbesto cemento de por lo menos 6 mm de espesor.
- Las fachadas deben ser construidas con materiales incombustibles como ladrillo, concreto, bloques de concreto, yeso, fibrocemento, vidrio y metales.

➡ **Resistencia de los acabados interiores.**

Son tres los factores principales que determinan el peligro de incendio de un edificio, la resistencia al fuego de la estructura, el contenido o la actividad que se desarrolle en su interior y las características de los acabados interiores.

Una extensión rápida de las llamas sobre la superficie de las paredes y techos puede impedir la evacuación en orden. La NFPA 101 limita generalmente el índice de propagación de llama para los acabados interiores a un máximo de 200 mientras que las normas nacionales permiten un máximo de más de 225 en algunas edificaciones, como se podrá ver en cuadros posteriores donde se clasificarán los materiales y los requisitos mínimos de acabados. Para los acabados interiores no deben emplearse materiales que al ser expuestos al fuego produzcan, por descomposición o combustión, sustancias tóxicas en concentraciones superiores a las provenientes del papel o la madera, bajo las mismas condiciones. Los materiales para acabados interiores, deben clasificarse, con base en sus características de propagación de llama de acuerdo con la tabla 8.

**Tabla 16. Clasificación del material según la propagación de la llama**

CLASE DE ACABADO	INDICE DE PROPAGACION DE LA LLAMA	MATERIALES
1	0 a 25	Cartón de asbesto – cemento Asbesto – asfalto Ladrillo Baldosas de cerámica Lana de vidrio sin aglutinantes ni aditivos Vidrio Algunos azulejos antiacústicos
2	26 a 75	Hoja de aluminio sobre respaldo apropiado Cartón de fibra o yeso con revestimiento de papel Madera tratada mediante impregnación Algunos pañetes antisonoros Algunos azulejos antiacústicos
3	76 a 225	Madera de espesor nominal de 2.5cm o más Planchas de fibra de vidrio con revestimiento a prueba de fuego Azulejo antiacústico, combustible, con revestimiento a prueba de fuego Cartón endurecido Algunos plásticos
4	Más de 225	Papel asfáltico Tela Viruta Superficies cubiertas con aceite o parafina Papel Plásticos, sin grado que permitan asignarlos a otras clases Algodón

Nota: Los materiales de acabados clase 3 solo deben usarse en recubrimientos y acabados para pisos, para recubrimientos de pared de material incombustible. Además en espacios donde existan sistemas de rociador es automáticos, la clase de acabado puede reemplazarse por /a inmediatamente superior, es decir, si en /a zona hay que utilizar acabados clase 1 pero existen rociadores automáticos se podrán utilizar acabados clase 2.

En las vías de evacuación deben utilizarse acabados que no permitan la extensión rápida de la llama, por eso hay que tener muy en cuenta al momento de diseñar y construir una edificación, indiferente de su ocupación, el tipo de acabados que se utilizará; por ello a continuación se presenta un cuadro comparativo de los requisitos de acabados interiores de acuerdo con su índice de propagación de llama, visto por la Norma NSR-98 y la NFPA 101.

**Tabla 17. Requisitos para los acabados interiores**

GRUPO DE OCUPACIÓN	CLASE DE ACABADO INTERIOR							
	SALIDAS		ACCESO A SALIDAS		OTRAS ZONAS			
					AREA<170m <sup>2</sup>		AREA>170m <sup>2</sup>	
	NSR-98	NFPA	NSR-98	NFPA	NSR-98	NFPA	NSR-98	NFPA
ALMACENAMIENTO	1	1,2,3	1	1,2,3	2	1,2,3	3	1,2,3
COMERCIAL								
Servicios	1	1,2	1	1,2	3	1,2,3	3	1,2,3
Bienes y productos	1	1,2	1	1,2	2	1,2,3	3	1,2,3
ESPECIAL	1	1,2,3	1	1,2,3	2	1,2,3	2	1,2,3
FABRIL E INDUSTRIAL	1	1,2	2	1,2,3	2	1,2,3	2	1,2,3
INSTITUCIONAL								
Reclusión	1	1,2	1	1,2	2	1,2,3	2	1,2,3
Salud o incapacidad	1	1	1	1	2	1,2	2	1,2
Educación	1	1	1	1	2	1,2	3	1,2
Seguridad Pública	1	1	2	1	2	1,2,3	3	1,2,3
Servicio Público	1	1	2	1	3	1,2,3	3	1,2,3
LUGARES DE REUNION	1	1	2	1	2	1,2	2	1,2
ALTA PELIGROSIDAD	1	1	1	1	2		2	
RESIDENCIAL								
Unifamiliar y bifamiliar	2	1,2	2	1,2,3	4	1,2,3	4	1,2,3
Multifamiliar	1	1,2	1	1,2	2	1,2,3	2	1,2,3
Hoteles	1	1,2	1	1,2	2	1,2,3	2	1,2,3
TEMPORAL Y MISCELANEO	1	1,2,3	2	1,2,3	3	1,2,3	3	1,2,3

En cuanto a los cielos rasos hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los accesorios de los cielos rasos deben construirse con materiales incombustibles.
- Se pueden utilizar cielos rasos luminosos de material incombustible en áreas de corredores y salidas.

### ● **Vías de evacuación.**

Para proyectar las vías de evacuación se requiere en primer lugar, estar familiarizado con la respuesta de la gente en emergencias producidas por un incendio. Estas reacciones pueden variar ampliamente dependiendo de las capacidades físicas y mentales, y de las condiciones de los ocupantes de un edificio. Los factores tanto psicológicos como fisiológicos que puedan afectar la utilización de las salidas durante emergencias están siendo identificados y medidos en estudios de investigación.

Tales estudios investigan el movimiento de personas, individualmente y en condiciones de gran aglomeración, para comprenderlos y modelarlos de tal manera que ayuden a los procesos de proyectos de evacuación en situaciones de emergencia; sin embargo, si el flujo de la evacuación de los ocupantes está, de alguna manera, impedido o reducido por el propio edificio, su personal o las condiciones de fuego y humo, ninguno de los proyectos de evacuación puede prevenir los daños o pérdidas de vidas humanas; es por esto, que el proyecto de vías de evacuación debería basarse en la evaluación del completo sistema de protección contra incendios de un edificio y el análisis de las características y riesgo de los ocupantes del mismo. Las vías de evacuación, y en concreto su diseño, deberían ser tratados como parte integral del sistema que facilita una adecuada seguridad de vida frente a un incendio.

El diseño y la capacidad de los pasillos, escaleras y otros medios de evacuación se relaciona con las dimensiones físicas del cuerpo humano. La tendencia de las personas a evitar el contacto directo con otras ha de tenerse en cuenta como factor principal en la determinación del número de ellas que puedan ocupar un determinado espacio al mismo tiempo.

## ➡ **El código de seguridad humana.**

El Código de seguridad humana ha sido desarrollado por el Comité de Seguridad Humana de la NFPA, grupo dedicado a la seguridad personal contra incendio, que se interesa fundamentalmente en la protección de las personas; en esto difiere de las medidas de protección contra incendios que aparecen en los códigos de la construcción, para nuestro caso el NSR-98 e ICONTEC 1669, que contemplan conjuntamente la preservación de los bienes y la seguridad personal.

Las vías de evacuación no son por sí solas una garantía de seguridad en un incendio no aseguran la protección de una persona contra su propia negligencia, tampoco las salidas de emergencia por sí solas son una protección en lugares como hospitales, guarderías, prisiones y establecimientos psiquiátricos en los cuales los ocupantes se encuentran encerrados o son física o mentalmente incapaces de evacuar sin ayuda.

El código de seguridad humana contempla estas situaciones y proporciona medidas adecuadas tales como materiales de acabado interior de bajo índice de propagación de llama y de emisión reducida de humo así como protección con rociadores automáticos, que se diseñan para reducir la extensión del fuego y proteger a los ocupantes "in situ" hasta que se les pueda ayudar en la utilización de las salidas o hasta que el incendio se haya apagado.

En general, la seguridad contra incendios requiere los siguientes principios, todos contemplados en el Código de seguridad humana, en NFPA 101:

- Un número suficiente de vías de evacuación sin obstáculos, de una capacidad adecuada, correctamente diseñadas y con los accesos correspondientes.
- Protección de estas vías contra el incendio y el humo durante todo el tiempo que sea necesario para evacuación.
- Salidas alternativas y medios de traslado hacia ellas, para utilización en caso de que una de las salidas previstas quede bloqueada por el fuego.
- Subdivisión en sectores para proporcionar áreas de refugio en los edificios en los cuales la evacuación es considerada como último recurso.

- Protección de las aberturas verticales para limitar los efectos del fuego a un solo piso.
- Sistemas de alarma para avisar a los ocupantes y llamar a la brigada de bomberos en caso de incendio.
- Iluminación adecuada de las salidas y de los caminos a recorrer para llegar a ellas.
- Señalización de los caminos de acceso a las salidas.
- Aislamiento de los equipos y de las zonas peligrosas susceptibles de producir un fuego que pueda amenazar la seguridad de las personas a nivel de las salidas.
- Procedimiento de adiestramiento en la evacuación para asegurar que ésta se pueda efectuar en orden.
- Control de los factores psicológicos que conducen al pánico.
- Control de los acabados interiores para evitar que un incendio de desarrollo rápido que pueda dejar a los ocupantes atrapados.

#### ➔ **Diseño de las vías de evacuación.**

El diseño de las vías de evacuación implica conocer más datos que los de caudal y densidad de población. La evacuación segura de un edificio requiere un camino seguro de evacuación preparado para utilización inmediata en caso de emergencia y suficiente para permitir que todos los ocupantes alcancen un lugar seguro antes de que estén expuestos a los peligros del fuego, del humo o del calor. Unas buenas vías de salidas permiten que todos abandonen la zona incendiada en el tiempo más corto posible, utilizándolas con el mayor aprovechamiento. Si el fuego se descubre inmediatamente y los ocupantes se avisan rápidamente, se puede realizar una evacuación correcta.

Los tiempos de evacuación se relacionan directamente con el peligro de incendio: a mayor riesgo menor ha de ser el tiempo de evacuación.

Dependiendo de los sistemas de detección y alarma el fuego., o el humo pueden impedir la utilización de un determinado medio de evacuación; por lo tanto, es esencial la existencia de otra vía alternativa, alejada de la primera. La previsión de dos vías de alternativas de evacuación es una seguridad fundamental excepto en los edificios o

habitaciones de tamaño pequeño o preparados de forma que una segunda salida no aportaría ningún incremento en la seguridad. No hay ninguna ventaja en separar las vías si éstas tienen que transitar a través de un espacio común o han de utilizar estructuras comunes que, en caso de incendio, pueden dar como resultado la pérdida de dos vías de evacuación distintas y físicamente separadas.

La NFPA 101 incluye el término "salida", como definición general de los medios de evacuación. Una vía de evacuación es un camino continuo que permite el traslado desde cualquier punto de un edificio o estructura hasta el exterior a nivel del suelo.

Una vía de evacuación consta de tres partes separadas y distintas a saber:

- La zona de acceso a la salida.
- La salida
- Los medios de descarga de la salida.

#### ➡ **El acceso a la salida.**

El acceso a la salida es la porción de vía de evacuación que lleva a la entrada de la salida de emergencia. El acceso a una salida puede ser un pasillo, un balcón, una galería, un vestíbulo o un tejado.

El acceso a la salida incluye el salón o espacio en el cual esté localizado el ocupante, así como los pasillos, rampas, corredores y puertas que deben atravesarse en el recorrido hacia la respectiva salida.

#### ▶ **Distancia a recorrer.**

La distancia a recorrer hasta una salida es un dato importante de la vía de evacuación ya que los ocupantes pueden encontrarse expuestos al fuego durante el tiempo en que tardan en alcanzar la salida. La distancia media recomendada por la NFPA 101 es de 30.50 m, pero puede variar en función de las actividades, del riesgo de incendio y las posibilidades físicas de los ocupantes.

La distancia a recorrer puede medirse desde la puerta de una habitación hasta la salida o desde el punto más alejado de la habitación o zona hasta una salida. La distancia de recorrido debe medirse sobre el piso, a lo largo de la línea central en el sitio natural del recorrido. Cuando el recorrido incluya escaleras, estas deben medirse en el plano del borde de la huella.

La distancia máxima de recorrido desde el punto más alejado hasta el centro de cualquier salida exterior, salida vertical, escalera interior, corredor de salida o salida horizontal, no debe sobrepasar los límites que se muestran a continuación

**Tabla 18. Requisitos para distancias de recorrido**

GRUPO DE OCUPACION	DISTANCIA DE RECORRIDO (m)		
	NSR-98	NFPA 101	
		Sin rociadores	Con rociadores
ALMACENAMIENTO	60	70	121.90
COMERCIAL			
Servicios	30	70	91.40
Bienes y productos	15	30.50	45.70
FABRIL E INDUSTRIAL	45	30.50	45.70
INSTITUCIONAL			
Reclusión	30	30.50	45.70
Salud o incapacidad	30	30.50	45.70
Educación	45	45.70	70
Seguridad Pública	45	45.70	70
Servicio Público	45	45.70	70
LUGARES DE REUNION	45	45.70	70
ALTA PELIGROSIDAD	22	22.90	22.90
RESIDENCIAL			
Unifamiliar y bifamiliar	15	N.R	N.R
Multifamiliar	15	30.50	45.70
Hoteles	15	30.50	45.70

Nota: Las distancias dadas por la NSR-98 se pueden incrementar hasta en un 30% si los elementos de evacuación son rectilíneos, carecen de escaleras intermedias y conducen a zonas exteriores a nivel, de área adecuada para recibir la descarga de ocupación que determinen los casos individuales.

## ▶ Ancho

El ancho del acceso a las salidas ha de ser por lo menos suficiente para el número de personas que ha de pasar por ellas, la NFPA 101 ha definido que mínimo debe ser de 0.91 m, pero también se puede determinar en algunas instalaciones por el carácter de las actividades, por ejemplo, en los hospitales en los cuales los pacientes se desplazan en camas, donde los pasillos deben tener el ancho suficiente para que una cama pueda retirarse de una habitación y ser girada a 90°. Ahora bien el ancho del medio de evacuación debe medirse en el punto más estrecho del elemento de la correspondiente vía.

Las normas NSR-98 especifican un anchos mínimo de 0.60 m valor insuficiente para un adecuado desplazamiento en caso de incendio por eso es recomendable en los diseños tomar el valor aportado por la NFPA 101.

Como se dijo anteriormente el ancho de los accesos a las salidas debe determinarse de acuerdo al carácter de las actividades que se van a realizar en la zona, pero otra forma de determinarse es con base en la carga de ocupación del área que descarga sus ocupantes hacia estos accesos, para usar este método primero tendremos que hablar del “módulo de ancho de salida”.

El módulo de ancho de salida es la unidad de medida con la cual se miden los anchos de las salidas. Para la NFPA 101 un módulo de ancho corresponde a 0.56 m que representa a la anchura normal de una persona a nivel de los hombros, pero debido a un estudio de los movimientos de los ocupantes en proceso de evacuación se ha visto la posibilidad de elevar esta unidad a 0.75 m. En cuanto a la NSR-98 un módulo de ancho corresponde a 0.60 m, valor muy favorable ya que está por encima de la norma internacional y aunque no toma en cuenta el balanceo sí da cierto factor de seguridad.

## ▶ Aspectos Generales.

Un principio fundamental del acceso a la salida es que se disponga de un camino libre y sin obstáculos. Si el acceso pasa a través de una habitación que pueda estar cerrada con llave o de una zona que contenga un peligro de incendio más importante que el normal de la instalación, se han infringido los principios de los accesos a las salidas. En ningún caso el acceso a una salida será a través de la cocina, cuartos de almacenamiento, dormitorios, salones de trabajo u otros espacios que puedan estar bajo llave.

El piso de un acceso a una salida ha de ser horizontal. De no ser así, pueden salvarse las pequeñas diferencias mediante una rampa, y las grandes mediante escaleras. Cuando son necesarios uno o dos escalones para salvar la diferencia de nivel, entonces es preferible una rampa ya que, en un pasillo lleno de personas, algunas pueden no darse cuenta de la existencia de escalones y tropezar o caerse.

## ➡ La salida.

La salida es la parte de la vía de evacuación, separada del edificio del cual se pretende escapar, por paredes, suelos, puertas y otros medios que proporcionan un camino protegido necesario para que los ocupantes puedan acceder con seguridad suficiente al exterior del edificio. Puede constar de vías de desplazamiento horizontal o vertical tales como puertas, escaleras, rampas, pasillos, túneles y escaleras exteriores.

Las salidas deben localizarse y mantenerse en forma tal que provean fácil y rápida evacuación desde cualquier sitio y en todo momento en que se encuentre ocupada la edificación.

Todas las salidas deben desembocar directamente a la calle, a un espacio abierto o a un área de refugio no obstruible por fuego, humo u otra causa, y tener dimensiones tales que aseguren la evacuación de los ocupantes. Las salidas deben proporcionar protección contra el fuego y el humo a lo largo de todo su recorrido, por medio de separaciones levantadas con materiales incombustibles.

Las salidas autorizadas son:

- Puertas que llevan directamente al exterior o a un pasillo protegido
- Escaleras interiores y exteriores
- Rampas
- Escaleras mecánicas que cumplan con ciertos requisitos
- Pasillos mecánicos horizontales

No se admiten ascensores como salidas de emergencia.

La NFPA 101, indica que las salidas han de situarse lejos las unas de las otras. El principio consiste en ofrecer dos posibilidades de escape situadas de forma que los ocupantes en una u otra dirección puedan alcanzar una salida. Esto es importante cuando es necesario que los ocupantes abandonen una zona de fuego para dirigirse hacia una salida. Si se ha de atravesar el fuego para alcanzar una salida, es muy probable que los ocupantes no puedan o no estén dispuestos a hacerlo.

#### ▶ **Capacidad de una salida.**

Esta capacidad en número de personas por módulo de ancho varía según el grupo de ocupación del edificio. En el siguiente cuadro comparativo veremos la capacidad de algunas partes importantes de las vías de evacuación y la carga de ocupación de acuerdo al grupo de ocupación.

**Tabla 19. Requisitos de carga de ocupación y capacidad de las salidas**

GRUPO DE OCUPACION	CARGA DE OCUPACION (m <sup>2</sup> * persona)		NUMERO DE OCUPANTES POR CADA MODULO DE ANCHO						
			Corredores y puertas		Escaleras		Rampa A	Rampa B	Escalera mecánica
	NSR-98	NFPA	NSR-98	NFPA	NSR-98	NFPA	NFPA	NFPA	NFPA
ALMACENAMIENTO	28	27.87	100	100	75	60	100		
COMERCIAL									
Servicios	10	9.29	100	100	60	60		60	60
Bienes y Productos									
Planta baja v sótanos	3	2.79	100	100	60	60		60	60
Otros pisos	6	5.57	100	100	60	60		60	60
ESPECIAL	s.o	s.o	s.o	s.o	s.o	s.o	s.o		
FABRIL E INDUSTRIAL	9	9.29	100	100	60	60	100	60	60
INSTITUCIONAL									
Reclusión	11	11.15	100	100	60	60	100	100	
salud o incapacidad	7	11.15	30	30	22	22	30	30	
Educación									
Salones de clase	2	1.86	100	100	60	60	100	60	
Seguridad Pública	2.8	3.25	100	100	60	60	100	60	
Servicio Público	0.3	0.37	100	100	60	60	100	60	
LUGARES DE REUNION									
Religiosos	0.7	0.91	100	100	75	75	100	75	75
Deportivos	0.7	0.91	100	100	75	75	100	75	75
Culturales	1.3	1.39	100	100	75	75	100	75	75
Sociales y Recreativos	0.7	0.91	100	100	75	75	100	75	75
Transporte	0.3	0.37	100	100	75	75	100	75	75
ALTA PELIGROSIDAD	9	9.29	100	100	60	60	100	60	60
RESIDENCIAL	18	18.58	100	100	60	75	100	75	75

s.o. según ocupación.

► **Cálculo del ancho necesario de las salidas.**

Para calcular el ancho necesario de las salidas para cada piso de un edificio, es necesario seguir los siguientes pasos:

- Calcular el área del piso (Neta o bruta, cualquiera de las dos es aplicable).
- Determinar el número permitido de metros cuadrados por persona según el grupo de ocupación.
- Dividir la superficie total por este número permitido de metros cuadrados por persona, para determinar el número de personas para los cuales hay que prever las salidas. (Carga de Ocupación).
- Determinar la capacidad del tipo de salida que se va a utilizar para el grupo de ocupación proyectado.
- Calcular el número de módulos de ancho para cada tipo de salida utilizada.

Hay que recalcar que en los edificios de varios pisos, para cada uno de estos pisos podría haber diferentes módulos de ancho para las salidas (por ejemplo, las escaleras), pero también es importante recordar que las salidas han de tener una anchura constante y que si dos o más de estas salidas se reúnen en una sola, ésta no puede tener una anchura mínima inferior a las que convergen a ella.

► **Número de salidas.**

Generalmente, el número de mínimo de salidas es dos. En algunas situaciones que correspondan a una carga muy baja de ocupantes, un área de zona común mínimo o a un peligro muy bajo de incendio, se, admite una única salida. De acuerdo con lo anterior podemos decir que el número de salidas depende directamente de la carga de ocupación, por ello a continuación haremos un cuadro comparativo.

**Tabla 20. Número mínimo de salidas**

<b>CARGA DE OCUPACIÓN</b>	<b>NUMERO MINIMO DE SALIDAS</b>
0 – 100	1
101 – 500	2
501 – 1000	3
1001 o más	4

Cuando se requiera más de una salida en cada piso, cada una debe localizarse para que tenga acceso desde cualquier punto de un corredor, y limitarse los trayectos ciegos en los pasillos a una longitud de 6m.

### ▶ **Sistemas y dispositivos de salida.**

En la NFPA 101 se recogen los medios de evacuación siguientes:

- Puertas
- Salidas horizontales
- Escaleras
- Rampas
- Pasadizos de emergencia
- Escaleras exteriores de emergencia
- Escaleras mecánicas, pasillos mecánicos y ascensores Cuerdas y escaleras de barrote
- Ventanas

### ➔ **Puertas.**

Toda puerta, incluye en ella el marco y la cerradura y puede considerarse como medio de evacuación si cumple con los siguientes principios:

- Una puerta sencilla en un pasillo tiene un ancho efectivo mínimo de 0.80 m (0.81 m según NFPA 101), salvo en los dormitorios, donde ese ancho se puede disminuir a 0.70 m. El ancho efectivo deberá ser calculado de acuerdo a la carga de ocupación y grupo de servicio.
- La altura de las puertas no debe ser menor de 2.00 m.
- Una cerradura o cualquier otro sistema de cierre de una puerta de emergencia ha de estar provisto de una manilla, barra anti-pánico o cualquier otro sistema sencillo que sea de un manejo evidente en cualquier momento, desde el lado en el cual va a realizarse la evacuación (NFPA 101), y sin que requiera mayor esfuerzo, ni el uso de llaves, aún en la oscuridad.

- Las puertas en serie deben tener un espaciamiento libre entre ellas de por lo menos 2.10 m (2.12 m según la NFPA 101), medido cuando están cerradas.
- Las puertas han de abrirse en el sentido de la evacuación, excepto para habitaciones pequeñas (dormitorios, oficinas, y en algunos casos la entrada principal a apartamentos de edificios).
- El piso a ambos lados de cualquier puerta de salida o de corredor, debe tener el mismo nivel para evitar que las personas se tropiecen.

No se admite la utilización de puertas giratorias o plegables en salidas de emergencia. Si por cualquier motivo se usan estas puertas, éstas deberán permanecer abiertas mientras la edificación esté ocupada.

Cuando las puertas sirven para proteger las vías de evacuación, tal como en escaleras o barreras de humo, se deben mantener normalmente cerradas para cumplir con su función de impedimento de extensión del humo o si se encuentran abiertas, se han de cerrar inmediatamente en caso de incendio.

En las salas de reuniones (cines y colegios), se han de instalar sistemas anti-pánico en las puertas de salida equipadas con cierres. Este sistema consiste en que para llevar a cabo la evacuación de emergencia cuando se ejerce sobre él una presión inferior a 7 kg en el sentido de la salida la puerta inmediatamente se abre. Los sistemas anti-pánico pueden utilizarse en puertas sencillas o dobles con variaciones en los sistemas de cierre y en los marcos.

#### ➔ **Salidas horizontales.**

Una salida horizontal es un camino que permite el acceso desde un edificio a una zona de refugio situada en otro edificio o a una zona de refugio dentro del mismo edificio protegida contra el fuego y el humo. Las salidas horizontales son más particularmente aplicables a los hospitales en los cuales la evacuación de los pacientes por escaleras es más lenta que llevándolos a través de una salida horizontal hasta una zona segura.

### ➤ Escaleras.

Las escaleras de salida se han de disponer procurando evitar el peligro de caídas, ya que una persona que se cae en una escalera puede provocar un bloque completo de la salida.

Las escaleras han de tener el ancho suficiente para que dos personas puedan bajar de frente, de esta forma se mantiene un flujo razonable de evacuación aunque transiten por las escaleras ancianos o disminuidos físicos. La capacidad de escaleras y puertas que accedan a escaleras encerradas, debe calcularse de acuerdo con la carga máxima de ocupación.

Debe mantenerse un ancho constante a lo largo de toda la escalera, puesto que se pueden crear congestiones si se disminuye el ancho.

Las escaleras empinadas son muy peligrosas. Las huellas de la escalera deberán ser lo suficiente menta anchas para dar; un buen asentamiento del pie

A continuación presentaremos un cuadro comparativo con todos los requisitos arquitectónicos que debe tener una escalera.

**Tabla 21. Requisitos de las escaleras**

DETALLE	NSR – 98	NFPA 101
Ancho mínimo carga de ocupación inferior a 50	0.90 m	0.91 m
Ancho mínimo carga de ocupación superior a 50	1.20 m	1.12 m
Ancho mínimo de huella, sin incluir proyecciones	28 cm	27.9 cm
Altura mínima de contrahuella	10 cm	10.2 cm
Altura máxima de contrahuella	18 cm	17.8 cm
Altura mínima pasamanos	0.75 cm	0.90 m
Altura máxima pasamanos	0.85 cm	1.00 m
Dimensión mínima de descanso	1.20 m	1.22 m
Máxima diferencia de nivel entre dos descansos	3.50 m	3.70 m
Mínima diferencia de nivel entre dos descansos	2.40 m	
Mínima altura hasta el techo	2.00 m	2.03 m

Las huellas de las escaleras y los descansos, deben construirse con material rígido antideslizante no se permiten las escaleras de madera como medio de evacuación en ningún caso. Puede permitirse el uso de tramos curvos entre 2 niveles o descansos, sólo si los peldaños tiene un mínimo de 24 cm de huella.

➔ **Rampas.**

Se utilizan las rampas cerradas preparadas cuando hay un gran número de personas a evacuar o para permitir la entrada o salida de personas minusválidas. Son obligatorias cuando la diferencia de niveles es inferior a tres peldaños.

Para ser consideradas como vías de salida de emergencia, las rampas deben cumplir con los siguientes requisitos:

**Tabla 22. Requisitos de rampas**

	<b>CLASE A</b>	<b>CLASE B</b>
Ancho mínimo	1.0 m	0.75 m
Inclinación máxima	8.0%	10.0%
Longitud de los descansos	3.60 m	1.80 m

Las rampas deben estar provistas de pasamanos que deben cumplir los mismos requisitos que los pasamanos de escaleras, además la altura mínima al techo debe ser de 2 m y su inclinación debe ser constante en toda su longitud, los cambios de inclinación que haya necesidad de hacer en la dirección del recorrido se practican únicamente en los descansos.

➔ **Pasadizos de emergencia.**

Un pasillo, callejón, túnel o paso subterráneo o elevado pueden ser diseñados como componentes de una vía de evacuación mientras estén protegidos por las mismas medidas que las que se exigen para dichas vías.

➔ **Escaleras exteriores de emergencia.**

Las escaleras exteriores de emergencia han de ser de peldaños y no de barrotos. Puede constituir un sustituto poco seguro a otros medios de escape. La utilización principal es

cubrir las deficiencias en los edificios, en los cuales no se pueden instalar escaleras interiores de acuerdo con las Normas. Para su diseño se aplican los mismos principios que para las escaleras interiores aunque los requisitos en cuanto a huella, contrahuella y otras dimensiones son:

- Las escaleras exteriores de emergencia se han de prolongar hasta el nivel del suelo o de la calle.
- Deben proveerse pasamanos y otros accesorios necesarios para la seguridad en escaleras exteriores.
- Las escaleras exteriores deben estar perfectamente ancladas a las paredes y mantenerles un mantenimiento continuo contra la oxidación.
- El acceso a las escaleras se ha de hacer preferentemente desde la zona común de los edificios o desde los pasillos y nunca a través de habitaciones que puedan estar cerradas.

#### ➤ **Escaleras mecánicas, pasillos mecánicos y ascensores.**

Se pueden aceptar como vías de evacuación las escaleras mecánicas si se encuentran cerradas como las normales y si cumplen con las medidas de ancho, huella, contrahuella, etc. Sin embargo, se encuentran instaladas muy a menudo de una manera tal que no se las puede considerar como vías de evacuación.

Los pasillos mecánicos pueden utilizarse también como vías de evacuación si están en conformidad con los requisitos generales para rampas o pasillos.

#### ➤ **Cuerdas y escaleras de barrotes.**

Las cuerdas y escaleras de barrotes no se reconocen según la NFPA 101 como alternativas a las vías de evacuación normal, excepto, eventualmente, en viviendas unifamiliares y bifamiliares en los cuales resulta económicamente imposible el añadir una segunda vía de evacuación.

### ➤ **Ventanas.**

Las ventanas no se consideran como vías de evacuación. Se pueden utilizar como vías de acceso a las escaleras exteriores de emergencia, si se cumplen con ciertos requisitos de tamaño y elevación. Las ventanas son obligatorias en las aulas de las clases, excepto si el edificio tiene rociadores, así como en las viviendas unifamiliares y bifamiliares que no tienen dos vías separadas de evacuación.

### ➤ **Descarga de salida.**

Es la parte de la vía de evacuación comprendida entre el final de la salida y la vía pública. Idealmente todas las salidas de una edificación tendrían que descargar directamente o a través de un pasillo resistente al fuego al exterior del edificio. Pero, en consideración a propietarios, gerentes y diseñadores, la NFPA 101 permite que máximo el 50% de las salidas de grupos de ocupación comercial y fabril e industrial, descarguen a una planta baja, pero para evitar el inconveniente, de darse la posibilidad de que un incendio se declare en la planta baja, la NFPA exige:

- Que la descarga se efectúe en una zona libre y sin obstáculos que conduzcan a la salida del edificio.
- Que la totalidad de la planta baja este equipada de rociadores automáticos.
- Que la planta baja esté separada de cualquier otra planta inferior (sótanos) por una construcción de una resistencia mínima de dos horas.

Cuando las escaleras de salida procedentes de los pisos superiores atraviesan la planta baja hasta los sótanos, los ocupantes que están evacuando el edificio pueden no ver la puerta al nivel de la calle y seguir la escalera hasta los mismos. Por lo tanto la NFPA exige que haya una barrera física o cualquier otro sistema eficaz a nivel de la planta baja para evitar que se sobrepase la salida.

### ➡ **Iluminación de las vías de evacuación.**

En los edificios en los cuales existe una iluminación artificial para su utilización y actividad normal, se requiere la existencia de una iluminación de los medios de evacuación de forma que los ocupantes puedan salir rápidamente.

La intensidad de la iluminación ha de ser superior a 10 lux/m<sup>2</sup> (10.77 lux/m<sup>2</sup> según la NFPA), medida a nivel del piso. Es preferible que esta iluminación se haga mediante proyectores empotrados en las paredes a aproximadamente 30 cm por encima del piso, ya que así se corre menos riesgo de verlas oscurecidas por el humo.

En función de los grupos de ocupación de cada edificio, es necesaria la presencia de una alimentación de emergencia para la iluminación de las vías de evacuación. Una iluminación de emergencia bien concebida utiliza una fuente de energía independiente de la alimentación normal del edificio y suministra la iluminación necesaria de forma automática en caso de interrupción de la fuente de energía normal a consecuencia de cualquier fallo.

Las lámparas de batería y las linternas portátiles no se utilizan habitualmente como fuentes normales de iluminación de salidas, pero pueden ser utilizadas como fuentes de emergencia respetando lo dicho anteriormente.

### ➡ **Señalización de las vías de evacuación.**

Todas las salidas y vías de acceso se han de marcar con señales perfectamente visibles. En lugares de reunión, hoteles, centros comerciales, y otros edificios con ocupantes de tránsito, esta necesidad de señalización es más importante que en edificios en los cuales los ocupantes son permanentes o semi-permanentes, incluso en estas casas, se necesitan señales para indicar las vías de salida tales como escaleras que no son de utilización diaria. Tiene la misma importancia el que las puertas, pasillo o escaleras que no conducen a la salida, pero que se encuentran situadas de forma que puedan dar lugar a equivocaciones, estén marcadas con señales a con el texto "NO ES SALIDA". (La NSR-98 recomienda el texto "NO PASE" pero consideramos que puede ser conflictivo ya que éste se utiliza para sitios de índole privada).

Las señales han de tener una ubicación, un tamaño, un color y un dibujo que sean fácilmente visibles. Se ha de procurar que el decorado, el mobiliaria y otros equipamientos no estén situadas de tal forma que impidan la visibilidad. A continuación presentaremos un cuadro comparativo de los requisitos en cuanto a tamaño, color y función que deben tener las señales:

**Tabla 23. Requisitos de las señales de evacuación**

CARACTERISTICA	REQUISITOS	
	NORMAS COLOMBIANAS	NFPA
Forma de la señal	Rectangular (ICONTEC 1461)	Rectangular
Texto	Salida (NSR-98)	Salida
Tamaño mínimo de las letras del texto	15 cm (NSR-98)	15.24 cm
Espesor mínimo de las letras del texto	2 cm (NSR-98)	1.9 cm
Símbolo a: Ruta de acceso Dirección salida	Flecha (ICONTEC 1462)	Flecha
Color	Fondo: Verde (ICONTEC 1462) Letras: Blanco (ICONTEC 1462)	N.R
	Fondo: Rojo (NSR-98) Letras: Blanco (NSR-98)	

Hay que recalcar que las señales de evacuación se componen de dos elementos el letrero o texto y el símbolo de seguridad (la flecha). También hay que añadir que el texto puede ser cambiado en zonas de acceso por "ESCALERAS DE EMERGENCIA".

### ● Protecciones activas.

Las protecciones activas son los sistemas de protección contra incendio que se activan en el momento de conflagrarse un incendio tales como:

- Sistemas de extintores.
- Sistemas de tomas de agua y manguera o hidrantes.
- Sistemas de rociadores automáticos.
- Sistemas de detectores.
- Sistemas de alarmas sonoras.

## ➡ **Sistema de extintores.**

La selección y distribución de los equipos portátiles contra incendio o extintores, es una de las medidas elementales, y también, una de las más mal utilizadas en la protección contra incendios.

El desconocimiento de este tema es tan grande que "inspectores" y personas dedicadas a recomendar estos elementos no tienen ni las mínimas bases técnicas para la evaluación y las recomendaciones pertinentes. Conjuntamente con lo anterior se tiene la idea de que estos equipos son los protectores por excelencia en riesgo de incendio, sin darse cuenta de las limitantes que presentan estos equipos.

### ▶ **Selección de extintores.**

La NFPA hace las siguientes recomendaciones para la selección de extintores portátiles más adecuada para cada situación dada así:

- El tipo de materias combustibles presentes que pudieran incendiarse.
- El riesgo posible de incendio.
- La eficacia del extintor respecto al riesgo presente.
- La facilidad de empleo del extintor.
- El personal disponible para manejar el extintor, su capacidad física y reacción psicológica influidas por el entrenamiento recibido.
- Las condiciones de temperatura ambiental y otras consideraciones atmosféricas especiales (viento, etc.)
- Adecuación del extintor a este medio ambiente.
- Las reacciones químicas desfavorables posibles entre el agente extintor y los materiales incendiados.
- Los aspectos de seguridad operativa y salubridad respecto al usuario durante los trabajos de lucha contra el fuego.
- Las exigencias de cuidados y mantenimiento que requiera el extintor.

De acuerdo a lo anterior tendremos que saber según el tipo de riesgo que extintor podemos utilizar, para ello, haremos un cuadro comparativo que se puede observar en la tabla 16

▶ **Distribución de extintores.**

Independiente de lo cuidadosa que sea la selección de extintores para adecuarlos a los riesgos potenciales de una zona y a las personas que vayan a utilizarlos, éstos no serán efectivos a menos que pueda disponerse de ellos inmediatamente. Para ello, cuando se instalen extintores deben ubicarse en puntos que:

- Proporcionen una distribución uniforme.
- Sean de fácil accesibilidad y estén relativamente libres de obstrucciones temporales.
- Estén cerca de trayectos normales de paso.
- Estén cerca de entradas y salidas.
- No sean propensos a recibir daños físicos.
- Se puedan alcanzar inmediatamente.

**Tabla 24. Elemento extintor apropiada según la clase de incendio**

CLASE DE INCENDIO	AGENTES EXTINTORES			
	Bióxido de carbono	Polvo químico seco	Agua presurizada	Espuma
A	Pequeños incendios superficiales únicamente	Pequeños incendios superficiales únicamente	SI. EXCELENTE El agua satura el material e impide que vuelva a prender	SI La espuma tiene ambas cualidades es ahogadora y humectante
B	SI. EXCELENTE El anhídrido carbónico no deja residuo, no afecta al equipo ni combustible	SI. EXCELENTE El compuesto químico ahoga el fuego	NO El agua extiende el fuego, no lo extingue	SI La frazada ahogadora no se disipa; flota encima del líquido derramado
C	SI. EXCELENTE El anhídrido carbónico no es un buen conductor de electricidad, no deja residuo ni daña el equipo	SI. EXCELENTE El polvo químico no es un buen conductor de electricidad; una cortina del material químico seco protege al operador contra el calor	NO El agua es buen conductor de electricidad y no debe usarse para apagar incendios de equipos eléctricos conectados	NO La espuma es un buen conductor de electricidad y no debe usarse para apagar incendios de equipos eléctricos conectados
D	El agente extintor debe ser un polvo grueso que cubra la superficie de llamas y apague el incendio			

### ► **Montaje de extintores.**

Si un extintor se cae puede herir a alguien o quedar inutilizado. La mayoría de los extintores se montan sobre paredes o columnas mediante ganchos firmemente asegurados de forma que se sostengan adecuadamente. Algunos extintores se montan en cabinas o huecos en la pared. En estos casos las instrucciones de funcionamiento deben estar afuera, y el extintor situado de tal forma que pueda retirarse fácilmente. Las cabinas deben mantenerse limpias y secas.

Existen soportes especiales para la sujeción de extintores que deban instalarse en sitios donde correrían peligro de verse desplazados o arrancados por un golpe si estuvieran montados en los sujetadores normales. En los casos en que estén expuestos a sufrir daños, los extintores pueden montarse en carretillas.

Las normas para extintores de la NFPA especifican las distancias al suelo y alturas de montaje según el peso del extintor, como sigue:

- Los extintores cuyo peso bruto no exceda de 40 libras deben estar instalados de tal modo que la parte superior del extintor no esté a más de 1.50 m por encima del piso.
- Los extintores cuyo peso exceda de 40 libras (excepto los montados sobre ruedas) deben instalarse de modo que la parte superior del extintor no esté a más de 1 m por encima del piso.
- En ningún caso la separación entre la parte baja del extintor y el nivel del piso debe ser menor de 10 cm.

### ► **Pasos para la distribución de extintores**

Los pasos a seguir para una buena distribución de los extintores son:

- Determinar el riesgo de incendio de la zona de acuerdo con su grupo de ocupación

- Determinar la distancia máxima de recorrido hasta el extintor según la clase de fuego
- Determinar el área a cubrir por el extintor según la clase de fuego y extintor
- Distribuir las áreas de protección de modo que todos los puntos del área total cumplan con la distancia máxima de recorrido.
- Determinar el número total de extintores necesarios.

A continuación presentaremos unos cuadros que servirán de guía para determinar el número mínimo de extintores que se necesitarían en una zona en particular.

**Tabla 25. Distribución de extintores para fuegos de clase A**

Clasificación mínima básica del extintor para la zona especificada	Longitud máxima de recorrido hasta alcanzar los extintores (m)	Área protegida por el extintor (m <sup>2</sup> )		
		Riesgo Leve	Riesgo Moderado	Riesgo Alto
1-A	23	280	-	-
2-A	23	560	280	186
3-A	23	840	420	280
4-A	23	1.050	560	370
6-A	23	1.050	840	560
10-A	23	1.050	1.050	840
20-A	23	1.050	1.050	1.050
40-A	23	1.050	1.050	1.050

**Tabla 26. Distribución de extintores para fuegos de clase B**

Tipo de riesgo	Clasificación mínima del extintor	Máxima longitud de recorrido hasta los extintores (m)
Leve	5-B	9
	10-B	15
Moderado	10-B	9
	20-B	15
Alto	40-B	9
	80-B	15

Para la distribución y selección de los extintores de fuegos clase A, deben seguirse las siguientes normas:

- Al desenergizar un equipo eléctrico, el fuego se convierte en clase A, B o AB en función de la naturaleza del equipo que arde y de los materiales en sus proximidades.
- Deben seleccionarse según las dimensiones y configuración del equipo eléctrico.
- Deben distribuirse de acuerdo con el alcance del chorro del distribuidor.

La distribución y selección de extintores para fuegos de Clase B, debe hacerse:

- Disponiendo de extintores adecuados para fuegos de Clase B.
- Disponiendo de la cantidad necesaria de agente extintor considerando las recomendaciones del fabricante, los extintores debe ser de 23 m.

#### ► Señalización.

Todos los extintores se han de marcar con señales perfectamente visibles. Las señales han de tener una ubicación, un tamaño, un color y un dibujo que sean fácilmente visibles. Se ha de procurar que el decorado, el mobiliario y otros equipamientos no estén situados de tal forma que impidan la visibilidad.

A continuación presentaremos un cuadro comparativo de los requisitos en cuanto a tamaño, color y función que deben, tener las señales:

**Tabla 27. Requisitos de las señales de extintores**

CARACTERISTICA	REQUISITOS	
	Normas Colombianas	NFPA
Forma de la señal	Rectangular	Rectangular
Símbolo	Extintor	Extintor
Color	Fondo: Rojo Símbolo: Blanco	Fondo: Rojo Símbolo: Blanco

## ➡ **Redes hidráulicas para la extinción de incendios.**

En la parte de Condiciones Generales de la Norma ICONTEC 1669 tenemos:

- Toda edificación debe estar dotada de un sistema de red hidráulica para protección contra incendios, de acuerdo con el riesgo y grupo de ocupación de la misma, tal tipo de protección puede ser:

Sistema hidrante o de mangueras y tomas fijas.

Sistema de rociadores automáticos

Sistema Combinado

- El sistema de suministro y distribución de agua para la extinción de incendios en una edificación, será independiente del sistema de agua potable para el consumo diario, al igual que sus tanques de reserva para este fin. En algunos casos se aceptará que el tanque de reserva general del edificio, contenga también la reserva para la protección contra incendio, siempre y cuando la toma de agua potable se localice a una altura tal, que la cantidad que quede por debajo de este nivel en el tanque, corresponda a la reserva de agua (para incendio) estipulada en las normas.
- Se prohíbe el uso de tuberías plásticas para toda clase de servicios en los sistemas de incendio, pero se permite utilizar tubería plástica (PVC) subterráneas.
- El suministro eléctrico de las bombas utilizadas en el sistema de incendio, será independiente y trabajará con el sistema de emergencia de las vías de evacuación, y en ningún caso estará controlado por el interruptor general de la edificación; debe estar protegido adecuadamente contra daños físicos de incendio.

### ▶ **Sistema hidrante.**

- Sistema de extinción de incendios compuesto por:
- Red de tubería.
- Válvulas para mangueras.
- Manguera.

- Boquilla.
- Gabinetes de incendio.
- Suministro de agua.
- Siamesas.
- Hidrantes exteriores.

➔ **Red de tubería.**

El material más comúnmente utilizado para la red de tubería vertical es el Hierro galvanizado (C=120).

En cuanto al caudal de diseño de la tubería tendremos:

El suministro mínimo de agua para el sistema de Clase I es de 6.3 lt/s (6.67 lt/s según la NFPA).

- El suministro mínimo de agua para los sistemas de Clase II y Clase III es de 32 lt/s (33.33 lt/s según la NFPA) cuando solamente se requiere una tubería vertical.
- Cuando se necesite en los sistemas de Clase II y Clase III más de una tubería vertical el suministro mínimo será de 32 lt/s (33.33 lt/s según NFPA) para la primera tubería vertical y de 16 lt/s (16.67 lt/s según la NFPA) para cada tubería vertical adicional, pero el caudal total no podrá ser mayor a 1581t/s (166.671t/s según la NFPA).

En cuanto al diámetro de la tubería se tienen los siguientes requisitos.

- En los sistemas de clase I, cuando las tuberías no excedan de 18 m de altura el diámetro mínimo será de 2\*1/2 pulg (ICONTEC 1669). Cuando las tuberías no excedan de 12 m de altura el diámetro mínimo será de 2 pulg y las situadas a más de 15 m contarán con un diámetro mínimo de 2\*1/2 pulg. (Norma NFPA).
- En los sistemas de Clase II y Clase III cuando la tubería vertical no exceda de 30 m de altura, el diámetro mínimo será de 4 pulg. Cuando la tubería exceda de 30 m de altura el diámetro mínimo será de 6 pulg. El tramo que exceda los 30 m de altura se construirá en tubería de 4 pulg, mientras que el tramo inferior a los 30 m de altura será construido con tubería de 6 pulg (Norma NFPA).

- Se aceptarán diámetros de tuberías diferentes, cuando, por cálculos hidráulicos comprobados, se garantice el cumplimiento de las especificaciones de presión y caudal contempladas en las normas.
- Cuando las bombas estén a un mismo nivel y alimente a dos o más zonas de presión, cada zona deberá tener una tubería vertical independiente con diámetro mínimo de 8 pulg. Cuando la zona tenga dos o más tuberías verticales, por lo menos dos de éstas deberá ser de diámetro 8 pulg.

En cuanto a requisitos de altura de tuberías y presiones se tienen los siguientes requisitos ya sea de Clase I, Clase II o Clase III:

- La máxima altura de una tubería vertical deberá ser de 84 m (82.5 m según la NFPA). Por lo tanto cuando se exceda esta altura se deberá tener una distribución adecuada por zonas de presión excepto cuando se tengan instalaciones reguladoras de presión que controlen la misma en las partes bajas de la tubería.
- Sistemas de zona única de presión: Máxima altura permisible 84 m, eventualmente una zona puede elevarse hasta 122 m (120 m según la NFPA). a condición de introducir dispositivos reductores de presión en los puntos convenientes.
- Sistema de dos zonas de presión. Cada zona tiene una altura máxima de 84 m, considerada aisladamente.
- Sistemas multi-zonas de presión. Más de dos zonas en una altura del edificio, deben tener una altura máxima de zona de 84 m, objeto de diseño especial pues se trata de edificios de gran. altura, por encima de 50 pisos (más de 170 m).
- La instalación deberá diseñarse para obtener una presión máxima de 100 PSI (0.7 MPa) y una presión mínima de 65 PSI (0.45 MPa) en la válvula de 2 pulg (Norma NFPA).
- La instalación deberá diseñarse para obtener una presión máxima de 65 PSI (80 PSI según la NFPA) una presión mínima de 55 PSI (65 PSI según la NFPA) en la válvula de 1 pulg.
- Si la presión en una manguera de 1 pulg. excede los 100 PSI debe instalarse un dispositivo en la salida para que reduzca la presión a 80 PSI (0.56 MPa). (Norma NFPA).

- La tubería y accesorios deberán diseñarse para soportar la máxima presión del sistema.
- Deben garantizarse las presiones mínimas en cualquier zona de presión, ya sea adecuando sistemas de suministros tales como bombeo, tanque elevado, etc.

Algunas consideraciones generales y de protección de tuberías son:

- Las tuberías verticales, deberán estar colocadas en lugares adecuados para protegerlas de agentes externos y deberá dárseles la protección adecuada contra los posibles daños ocasionados por impactos mecánicos o por el fuego.
- Las tuberías verticales secas, no deberán colocarse dentro de muros o pilastras.
- Las tuberías verticales podrán colocarse en buitrones.
- Deberá proveerse una adecuada localización de la tubería para poder llevar otros ramales a cualquier sitio de la edificación.

#### ➔ **Válvulas para mangueras.**

Cada salida debe estar dotada de una válvula para acoplar la manguera. Estas válvulas pueden ser indistintamente de compuerta o esféricas.

Las válvulas para mangueras deberán colocarse en tal forma que puedan ser alcanzadas con facilidad por una persona y en ningún caso deberá estar por encima de 1.80 m del piso. Las válvulas para mangueras deberán estar ubicadas adecuadamente en un gabinete de incendio.

#### ➔ **Mangueras.**

Algunas consideraciones con respecto a las mangueras pueden ser:

- Las mangueras destinadas a ser utilizadas por los ocupantes de un edificio pueden ser hasta 30 m de longitud, ya que de más longitud puede producir pliegues excesivos y otros inconvenientes durante su empleo.
- Las válvulas de 1" deben equiparse con mangueras de 1" de diámetro, fijadas en forma adecuada y listas para su utilización. Estas mangueras deben estar en lugares de fácil acceso y situadas de forma que una persona de pie pueda alcanzarlas.

- Son preferibles las mangueras ligeras de cubierta tejida y forro interno de caucho para las tomas de agua.
- Hay que evitar situar las mangueras destinadas a los ocupantes de los edificios en el interior de las escaleras de salida puesto que su empleo podría producir la introducción del humo o calor en la misma, impidiendo que se utilice como vía de escape y poniendo en peligro a los que intenten huir por ellas.
- Las mangueras de incendio deben mantenerse en posición adecuada en los gabinetes y en buen estado. Las mangueras deben examinarse cuidadosamente por si han sufrido cortes o los acoplamientos estuvieran flojos o si existiera cualquier otro tipo de deterioro. Debe quitársele la boquilla y examinársela para observar si tiene objetos extraños.

#### ➔ **Boquillas.**

El objeto de una boquilla es conformar el chorro y convertir la energía de presión en energía de velocidad. De esta forma, el agua puede aplicarse al incendio en cantidad adecuada y desde una distancia adecuada. Existen muchas clases de boquillas, sin embargo se pueden clasificar en dos.

- De chorro directo
- De chorro pulverizado o tipo niebla

Las boquillas tipo niebla son las más recomendadas, debido a que las boquillas de chorro directo poseen una relación área-volumen baja, lo cual limita sus características de transmisión de calor y, por consiguiente, no son tan efectivas en absorción de calor como las tipo neblina. Otro inconveniente de un chorro compacto es que conduce mejor la electricidad que uno pulverizado.

#### ➔ **Gabinetes de incendio**

Los gabinetes son armarios donde se guardan los equipos de protección contra el fuego como extintores, hacha, válvulas y manguera, estos deben cumplir con ciertos requisitos a saber:

- Tener el tamaño adecuado para que los elementos quepan cómodamente.

- Los colores de los gabinetes deben ser vivos como el rojo o el amarillo o en su defecto un color que contraste con el de los acabados.
- Las puertas del armario deben abrirse con facilidad.
- El vidrio del armario debe ser en lo posible de seguridad.
- Es útil señalar los pasillos frente a los gabinetes, indicando su posición cuando éstos no son visibles desde todas las direcciones.

**Tabla 28. Requisitos de las señales de gabinetes**

CARACTERISTICA	REQUISITOS	
	Normas Colombianas	NFPA
Forma de la señal	Rectangular	Rectangular
Texto		Gabinete de incendio
Tamaño mínimo de las letras del texto	15 cm	15.24 cm
Espesor mínimo de las letras del texto	2 cm	1.9 cm
Símbolo a: Dirección del gabinete Gabinete	Flecha	Flecha Luna de cristal
Color	Fondo: Rojo Letras: Blanco	N.R

N.R. No hay requisitos ya que la NFPA considera que es fijado por ordenanzas nacionales.

- El número de tomas de agua y su disposición o distribución para que ofrezcan una protección adecuada se rigen por las condiciones del local, tales como el tipo de ocupación, tipo de construcción del edificio, mínimo deber ser un gabinete por piso.
- Los gabinetes que deben situarse de tal forma que cualquier parte de cada piso se encuentre como máximo a una distancia de 9 m (10 m según la NFPA) de la boquilla instalada en una manguera de 30 m de largo. En áreas cercanas a las escaleras o zonas bien protegidas.
- Los gabinetes de válvulas de diámetro 2” deben hallarse en el interior de las escaleras, ya sea gabinete con manguera o con tapón y cadena.
- Cada gabinete debe llevar en forma permanente, las indicaciones e instrucciones del operador, claramente visibles.
- Existen tres tipos de gabinetes aplicados en los sistemas de hidrante los cuales contienen:

### **Gabinete Tipo I**

- Válvula de conexión de 1\*1/2"
- Manguera de 1\*1/2" de 30 m.
- Hacha
- Extintor tipo ABC
- Boquilla de 1/2" tipo Niebla
- Llave Spanner

### **Gabinete Tipo II**

- Válvula de conexión de 2\*1/2"
- Manguera de 2\*1/2" de 30 m.
- Hacha
- Extintor tipo ABC
- Llave Spanner

### **Gabinete Tipo III**

- Válvula de conexión de 2\*1/2" con tapón y cadena
- Válvula de conexión de 1\*1/2"
- Manguera de 1\*1/2" de 30 m
- Hacha
- Llave Spanner
- Extintor tipo ABC
- Boquilla de 1/2" tipo Niebla

### **➤ Suministro de agua.**

El suministro del sistema de agua para extinción de incendios, debe ser independiente del sistema de agua potable. Además el sistema eléctrico de las bombas utilizadas debe ser independiente (planta eléctrica).

El abastecimiento debe ser de tal manera que se mantenga el sistema bajo presión constantemente. Cuando esto no sea posible debe estar adaptado para dar entrada automática al agua por medio de una válvula de tubería seca u otro dispositivo aprobado.

Los medios de suministro de agua aceptables pueden ser:

- Suministro de la red pública, cuando ésta garantice la presión y caudal necesarios, cuidando de contaminaciones en el sistema.
- Bombas automáticas.
- Bombas controladas manualmente, en combinación con tanque de presión.
- Tanque de presión hidroneumático.
- Tanques de gravedad.
- Bombas controladas manualmente mediante operación a control remoto desde la toma de agua o gabinete.

Las normas colombianas admiten tener por lo menos una sola fuente de suministro, mientras se operan otras fuentes que se ajenas a la edificación, pero la NFPA dice que es conveniente disponer de dos fuentes de agua independientes. El suministro primario debe ser capaz de alimentar los primeros chorros que entren en acción hasta que las fuentes secundarias puedan ponerse en funcionamiento. El suministro secundario deber se adecuado para periodos largo.

Las normas hacen la exigencia de un tanque de reserva con ciertas capacidades así:

- El tanque de reserva para el servicio Clase I, deberá ser suficiente para abastecer 6.3 It/s (6.67 It/s según la NFPA) durante un periodo de 30 minutos, el suministro debe ser suficiente para abastecer a la toma más elevada con una presión residual de 55 PSI (65 PSI según la NFPA) y un caudal de 6.3 It/s.
- El tanque de reserva para el servicio Clase II, deberá ser suficiente para abastecer 32 It/s (33.33 It/s según la NFPA y 16 It/s el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga) durante un periodo de 30 minutos el suministro debe ser suficiente para abastecer a la toma más elevada con una presión residual de 55 PSI (65 PSI según la NFPA) y un caudal de 32 It/s
- El tanque de reserva para el servicio Clase III, deberá ser suficiente para abastecer 32 It/s (33.33 It/s según la NFPA) durante un periodo de 30 minutos, el suministro debe ser suficiente para abastecer, a la toma más elevada con una presión residual de 55 PSI (65 PSI según la NFPA) y un caudal de 32 It/s

### ➤ **Siamesas.**

Todos los sistemas de hidrantes de Clase II o Clase III deben disponer de una o más conexiones siamesas para el uso del Cuerpo de Bomberos. Los servicios de Clase I, podrán o no llevar conexiones siamesas de acuerdo con las condiciones de la edificación.

En los edificios de gran altura divididos en dos o más zonas, cada una de éstas debe disponer por lo menos de una conexión siamesa para el uso del Cuerpo de Bomberos.

Las conexiones siamesas deben estar en el exterior de los edificios, específicamente en la fachada de la edificación, en tal forma, que sean de fácil localización y operación por parte del Cuerpo de Bomberos.

Las siamesas además deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Estar correctamente arriostradas al muro.
- Las conexiones de entrada deben ser tipo hembra giratoria N T.
- No deben llevar válvula de cierre.
- Las conexiones para las mangueras deberán estar provistas de tapas adecuadas, aseguradas y colocadas de tal forma que su remoción sea fácil.
- Deben estar correctamente señalizadas con la palabra "SIAMESA"

### ➤ **Hidrantes exteriores.**

Los hidrantes son elementos externos a las edificaciones que sirvan como equipos para la protección contra incendio.

Las distancias entre hidrantes se determinan normalmente según la demanda de caudal para incendio, sobre la base de tipo de ocupación, área y densidad de población. La tabla 16 proporciona un método para establecer la distribución de hidrantes:

Sin embargo, a pesar de la tabla anterior, se tiene como regla general que la separación máxima entre hidrantes debe ser de 245 m. En zonas de concentraciones de edificios, 150 m es más adecuado. (Norma NFPA).

Cuando se instalen hidrantes en zonas privadas con la intención de conectar líneas de mangueras, deben situarse de manera que la máxima longitud de manguera utilizada sea de 75 m. En condiciones normales los hidrantes deben situarse a 15 m de los edificios que deben proteger. Cuando esto no sea posible, al menos debe colocarse a salvo de posibles derrumbamientos de muros, de forma que los bomberos que los accionen no sean alcanzados por el humo o calor. Los hidrantes que hayan de situarse cerca de las vías de tráfico alto necesitan protección contra posibles colisiones.

**Tabla 29. Distribución normal de hidrantes**

<b>Caudal de incendios requeridos en lt/s</b>	<b>Superficie medida cubierta por un hidrante en m<sup>2</sup></b>
<63.08	14865
94.67	13935
126.17	13000
157.67	12075
189.33	11150
220.83	10220
252.33	9290
284.00	8825
315.50	8360
347.00	7895
378.50	7430
410.00	6965
441.67	6500
482.17	6040
504.75	5575
536.33	5340
567.83	5100
630.83	4645
694.00	4180
757.08	3720

Para los servicios públicos de abastecimiento y extinción de incendios, es muy importante marcar los hidrantes con una clave de color que identifique el caudal de que disponen. Se

entenderá que los colores significan solamente la capacidad de cada hidrante individualmente. La NFPA recomienda que los hidrantes se clasifiquen del siguiente modo:

**Tabla 30. Clasificación de colores de los hidrantes**

Clase	Caudal (lt/s)	Color del sombrerete y de las tapas de las salidas
A	>63.08	Verde
B	31.50 a 63.08	Naranja
C	<31.50	Rojo

La clave de color para señalar la capacidad es muy simple y coincide con los colores empleados normalmente para indicar seguridad, peligro y condiciones intermedias. Los cuerpos de todos los hidrantes públicos son generalmente de color amarillo cromo, excepto en los casos en que se ha adoptado otro color.

Los hidrantes en propiedades particulares pueden ser del color que quiera el propietario. Los de propiedad privada, pero situados en vías públicas se pintan de rojo para distinguirlos de los públicos.

➤ **Resumen de parámetros de diseño.**

**Tabla 31. Parámetro de diseño norma ICONTEC 1669**

Riesgo	Clase de gabinete	Altura Edificio (m)	Diámetro Manguera (pulg)	Caudal Mínimo (lt/s)	Caudal Mínimo Tubería Adicional (lt/s)	Caudal Máximo (lt/s)	Altura Tubería (m)	Diámetro Mínimo (pulg)	Almacén. Tanque (min)	Presión Residual (m.c.a)
Leve	I	<18	1*1/2	6.3			<18	2*1/2	30	38.5
Moderad	III	>18	1*1/2	32	16	158	<30	4	30	38.5
			2*1/2				>30	6		70
Alto	II	>18	2*1/2	32	16	158	<30	4	30	38.5
	III		1*1/2				<30	4		30
			2*1/2				>30	6		70

**Tabla 32. Parámetro de diseño norma Acueducto Metropolitano de Bucaramanga**

Riesgo	Clase de gabinete	Altura Edificio (m)	Diámetro Manguera (pulg)	Caudal Mínimo (lt/s)	Caudal Mínimo Tubería Adicional (lt/s)	Caudal Máximo (lt/s)	Altura Tubería (m)	Diámetro Mínimo (pulg)	Almacen. Tanque (min)	Presión Residual (m.c.a)
Leve	I	<18	1*1/2	6.3			<18	2*1/2	30	38.5
	III	>30	1*1/2 2*1/2	6.3	6.3	158	<30 >30	4 4	30	38.5 70
Moderado	III	>30	1*1/2 2*1/2	6.3	6.3	158	<30 >30	4 4	30	38.5 70
Alto	II	>30	2*1/2	32	16	158	<30 >30	4 6	30	38.5 70
	III	>30	1*1/2 2*1/2	32	16	158	<30 >30	4 6	30	38.5 70

**Tabla 33. Parámetro de diseño norma NFPA 14**

Riesgo	Clase de gabinete	Altura Edificio (m)	Diámetro Manguera (pulg)	Caudal Mínimo (lt/s)	Caudal Mínimo Tubería Adicional (lt/s)	Caudal Máximo (lt/s)	Altura Tubería (m)	Diámetro Mínimo (pulg)	Almacen. Tanque (min)	Presión Residual (m.c.a)
Leve	I		1*1/2	6.67			<12 >15	2 2*1/2	30	45.5
Moderado	III	>30	1*1/2 2*1/2	33.33	16.67	166.67	<30 >30	4 6	30	45.5 70
Alto	II	>30	2*1/2	33.33	16.67	166.67	<30 >30	4 6	30	45.5 70
	III	>30	1*1/2 2*1/2	33.33	16.67	166.67	<30 >30	4 6	30	45.5 70

**► Sistema de rociadores**

Sistemas de extinción de incendios compuesto por:

- Red de tubería
- Válvulas de control
- Rociadores automáticos
- Suministro de agua

- Siamesas

➔ **Red de tubería**

Las tuberías utilizadas en estas redes son siempre metálicas, éstas deben ser de un tipo que pueda resistir una presión, de trabajo no inferior a 175 PSI, tales tuberías pueden ser de hierro galvanizado, acero negro, cobre, acero o hierro fundido. Los diámetros de estas tuberías están definidos por el número de rociadores según el riesgo de la edificación de acuerdo con la tabla 21.:

Algunas disposiciones de tuberías de alimentación pueden ser:

- Líneas ascendentes
- Alimentación central
- Alimentación lateral central
- Alimentación central a un extremo
- Alimentación lateral o a un extremo

**Tabla 34. Diámetro de tubería según el número de rociadores**

Diámetro Nominal (pulg)	Máximo número de rociadores permitidos		
	Riesgo Leve	Riesgo Moderado	Riesgo Alto
1	2	2	1
1*1/4	3	3	2
1*1/2	5	5	5
2	10	10	8
2*1/2	30	20	15
3	60	40	27
3*1/2	100	65	40
4		100	55
5		160	90
6		250-275	150
8			150

Nota:

Cuando se requieran más de 100 rociadores en grandes áreas sin divisiones, trátase como riesgo moderado  
En general, no conviene alimentar más de 250 rociadores con una sola tubería de 6"

La presión mínima en la conducción vertical debe ser de 15 psi. Por otra parte es conveniente que los ramales horizontales tengan cierta pendiente hacia el montaje, para facilitar el drenaje de la red de 0.2" en sistemas de tubería húmeda y de 0.4" en sistemas de tubería seca.

### ➔ Rociadores

La presión mínima de cualquier rociador más elevado (último rociador) debe ser de 7 PSI. La distribución de rociadores se hace de acuerdo con el tipo de riesgo de la siguiente manera:

**Tabla 35. Área Máxima cubierta por un rociador**

Riesgo	Leve	Moderado	Alto
Área máxima atendida por un rociador	18 m <sup>2</sup>	9 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>
Distancia máxima entre ejes de rociadores	4.3 m	3.6 m	3 m

Los rociadores y las líneas no deben disponerse demasiado cerca. Si los rociadores se disponen a distancias inferiores a 1.80 m, se necesitará colocar pantallas para impedir que al activarse un rociador salpique a los adyacentes, demorando su activación.

La distancia entre los rociadores y el techo es importante. Cuanto más cerca estén los rociadores del techo, más rápido entrarán en acción. Por otra parte, si se colocan demasiado cerca del techo, pueden producirse serias interferencias en la distribución lateral del agua por los elementos estructurales, como vigas y cerchas.

A la entrada de dos ramales se debe cumplir la relación

$$\frac{P}{P_1} = \frac{Q^2}{Q_1^2}$$

El coeficiente mínimo de descarga de los rociadores será 0.75 para el cálculo del caudal. El caudal mínimo de un rociador debe oscilar entre 1 y 1.5 lt/seg.

### ➤ **Suministro de los rociadores**

El suministro del sistema de agua para extinción de incendios, debe ser independiente del sistema de agua potable. Además el sistema eléctrico de las bombas utilizadas debe ser independiente (planta eléctrica).

El abastecimiento debe ser de tal manera que mantengan constantemente en presión al sistema.

Los medios de suministro de agua aceptables pueden ser:

- Suministro de la red pública, cuando ésta garantice la presión y caudal necesarios, cuidando de contaminaciones en el sistema.
- Bombas automáticas.
- Bombas controladas manualmente, en combinación con tanque de presión.
- Tanque de presión hidroneumático.
- Tanques de gravedad.
- Bombas controladas manualmente mediante operación a control remoto desde cualquier zona.

Las normas colombianas admiten tener por lo menos una sola fuente de suministro, mientras se operan otras fuentes que sean ajenas a la edificación, pero la NFPA dice que es conveniente disponer de dos fuentes de agua independientes. El suministro primario debe ser capaz de alimentar los primeros chorros que entren en acción hasta que las fuentes secundarias puedan ponerse en funcionamiento. El suministro secundario debe ser adecuado para periodos largo.

Las normas hacen la exigencia de un tanque de reserva con ciertas capacidades así:

- Para sistemas de rociadores de riesgo leve el tanque de reserva debe ser suficiente para abastecer 47.3 lt/s durante 30 minutos cuando hay sistema de alarma y de 60 minutos cuando no hay sistema de alarma y con una presión residual mínima en la base de la montante de 15 PSI.

- Para sistemas de rociadores de riesgo ordinario el tanque de reserva debe ser suficiente para abastecer 63.1 lt/s durante 60 minutos cuando hay sistema de alarma y de 90 minutos cuando no hay sistema de alarma y con una presión residual mínima en la base de la montante de 15 PSI.
- Para los sistemas de rociadores de almacenes, rascacielos y edificaciones de riesgo alto, los requisitos de presión y caudal para rociadores debe determinarlo una autoridad competente de acuerdo con las normas NFPA 13

➔ **Resumen de parámetros de diseño**

**Tabla 36. Parámetros de diseño norma NFPA 13**

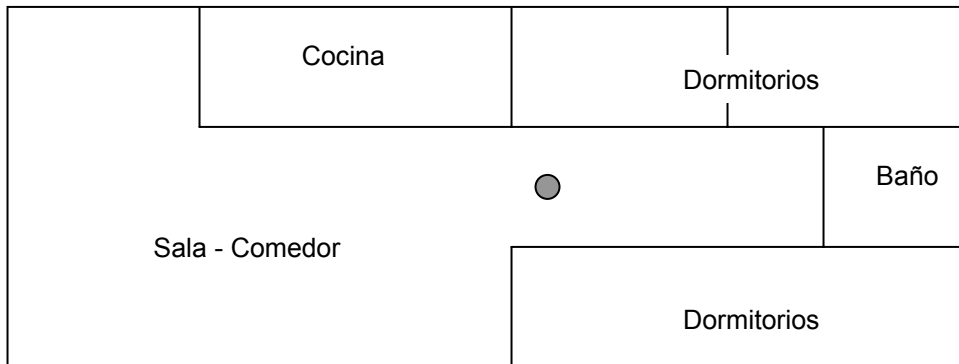
<b>Riesgo</b>	<b>Presión Mínima admisible (m.c.a)</b>	<b>Caudal aceptable en la base de la montante (lt/s)</b>	<b>Almacenamiento tanque (min)</b>
Leve	10.5	47.3	30 – 60
Moderado	10.5	63.1	60 – 90
Alto Almacenes Rascacielos	El requerimiento mínimo de presión y caudal es objeto de estudio especial ajustado a las normas NFPA 13 Y deben contar con la autoridad competente de la localidad		

➔ **Sistemas de detectores de incendios.**

Tanto las normas NFPA 72E Y 74 como la ICONTEC 1868 dan unas directrices para la localización y ubicación de los detectores automáticos de incendio. Los principales parámetros son:

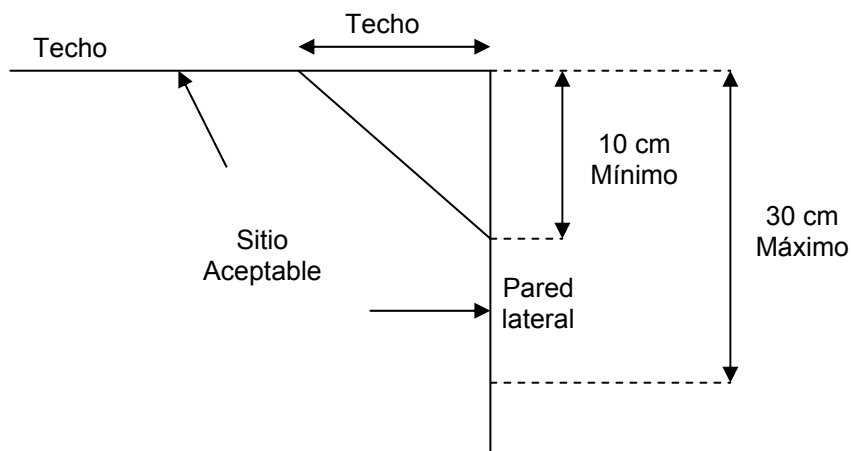
- Todo sistema de alarma de incendio debe incorporar al menos un detector de humo en el exterior de la zona de dormitorios y en cada piso de la edificación. Además en cada zona que necesite protección especial se hace indispensable la instalación de un detector

**Figura 19. Localización recomendada de un detector**



- No deben emplearse dentro de las cocinas, garajes y demás zonas donde su desempeño no sea el óptimo debido a la gran cantidad de falsas alarmas que pueden presentarse.
- Los detectores deben localizarse en el techo, al menos a 10 cm de la pared o en una pared lateral a una distancia entre 10 Y 30 cm del techo.

**Figura 20. Montaje correcto de detectores.**



La separación entre detectores será como máximo la recomendada por el fabricante, sin exceder los 10 m.

**ANEXO 4. FORMATOS**



**FORMATO DE CALIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD**

FECHA: 25/04/2005

Nombre del edificio:  
 Numero de pisos:  
 Riesgo Inicial:

<b>critérios:</b>	<b>%</b>	<b>sótano</b>	<b>1er.piso</b>	<b>2do.piso</b>	<b>3er.piso</b>	<b>4to.piso</b>	<b>5to.piso</b>
Acceso a la salida	6						
Puertas	6						
Pasillos	6						
Escaleras	10						
Componentes y Acabados	8						
Descarga de salida y de emergencia	10						
Instalaciones electricas	4						
Extintores	10						
Gabinetes	6						
Rociadores	2						
Alarma	6						
Detección de humo	1						
Iluminación de emergencia	4						
Señalización	6						
Ejercicios de evacuación	2						
Bombas de incendio	6						
Brigada de emergencia	1						
Almacenamiento de Agua	6						
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

total:

	0,0	0	0		
--	-----	---	---	--	--

	100,0	100	100		
--	-------	-----	-----	--	--

<b>%calificación</b>	<b>vulnerabilidad</b>
100	60
59.99	40
39.99	25
24.99	0

vulnerabilidad	100,0
----------------	-------

**FORMATO DE INSPECCION DE VULNERABILIDAD  
EN LOS EDIFICIOS DE LA UIS**

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del Edificio: \_\_\_\_\_

Número de Pisos: \_\_\_\_\_

Nivel: \_\_\_\_\_

Area por Piso: \_\_\_\_\_

**I. DATOS DE OCUPACIÓN**

Carga de Ocupación: \_\_\_\_\_ Riesgo Inicial: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**II. PROTECCIONES PASIVAS**

Aceso a la salida

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Puertas

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Pasillos

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Escaleras

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Acabados

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Descarga de salida y de emergencia

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Instalaciones Eléctricas

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**III. PROTECCIONES ACTIVAS**

Extintores

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Concepto

Final:

\_\_\_\_\_

## ■ ANEXO 5. PLANOS

[planos\\_autocad\\_red\\_hidraulica\cierre\\_valvulas2000.dwg](#)

[planos\\_autocad\\_red\\_hidraulica\RED-HIDRAULICA FINAL2000.dwg](#)

[planos\\_autocad\\_red\\_hidraulica\PERFILES2000.dwg](#)

[planos\\_autocad\\_red\\_hidraulica\RED HIDRAULICA Especificaciones2000.dwg](#)

[planos\\_autocad\\_red\\_hidraulica\Red\\_hidraulica detalles catastro 2000.dwg](#)

[planos\\_autocad\\_red\\_hidraulica\UIS2000.dwg](#)