

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

*GUIA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA,*

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA

DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

POR

**NERY AMILCAR MEJIA GODINEZ**

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

Guatemala, OCTUBRE de 1995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

08  
T(3655)  
C.4

*HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR*

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

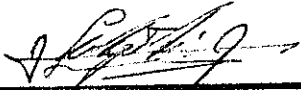
*GUIA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA*

tema que me fuera asignado por la Dirección de la escuela de

*INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL*

con fecha 10 de octubre de 1994.

(f)

  
\_\_\_\_\_  
NERY AMILCAR MEJIA GODINEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: *Ing. Julio Ismael González Podszueck.*  
VOCAL 1: *Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.*  
VOCAL 2: *Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.*  
VOCAL 3: *Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez.*  
VOCAL 4: *Br. Freddy Estuardo Rodríguez Quezada.*  
VOCAL 5: *Br. Mario Nephtalí Morales Solís.*  
SECRETARIO: *Ing. Francisco Javier González López.*

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO: *Ing. Julio Ismael González Podszueck.*  
EXAMINADOR: *Ing. Francisco Ruiz Herrera.*  
EXAMINADOR: *Ing. René Aguilar Marroquin.*  
EXAMINADOR: *Ing. Francisco Gómez Rivera.*  
SECRETARIO: *Ing. Francisco Javier González López.*

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,  
26 de julio de 1,993

Señor Coordinador  
Área de Producción  
Escuela Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador.

Cumpliendo con lo resuelto por la Dirección de Escuela, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de tesis titulado GUÍA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA desarrollado por el estudiante universitario Nery Amilcar Mejía Godínez.

El trabajo presentado por el estudiante Mejía Godínez ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, consultando bibliografía adecuada y siguiendo las recomendaciones de la asesoría.

Considero que el trabajo ha cubierto los objetivos planteados, habiendo presentado una guía completa acerca de la protección contra incendios, en tal virtud me permito recomendar su aprobación haciéndome responsable de la asesoría brindada.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

La Corodinatora del Area de Producción de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, al contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado GUIA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA, presentada por el estudiante universitario Nery Amilcar Mejía Godinez, recomienda la aprobación del presente trabajo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Martha Guisela Gaitán Garavito  
COORDINADORA

Guatemala, agosto de 1,995.

/emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, así como el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **GUIA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA**, presentado por el estudiante universitario **Nery Amilcar Mejía Godínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

**Ing. Fernando Alvarez Paz**  
**COORDINADOR GENERAL DE TESIS**  
**INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL**

Guatemala, septiembre de 1,995.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

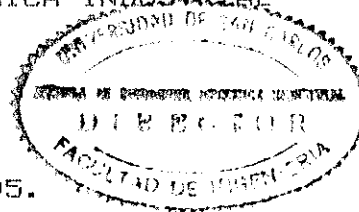
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área y del Coordinador General de Revisión de Tesis, al trabajo de tesis titulado **GUIA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA**, presentado por el estudiante universitario **Nery Amilcar Mejía Godínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Peláez Castellanos  
DIRECTOR  
INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, septiembre de 1,995.

emds

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

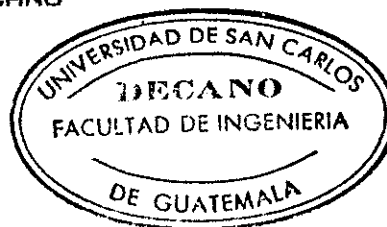
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **GUIA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA**, presentado por el estudiante universitario **Nery Amilcar Mejía Godínez** procede a la autorización para la impresión de la misma.

**IMPRIMASE:**

Ing. Julio Ismael González Podszueck  
DECANO



Guatemala, septiembre de 1,995.

emds



*AGRADECIMIENTO*

*AL SUPREMO SER, DIOS TODO PODEROSO.*

*Al ing. Carlos Perez  
Por su valiosa colaboración y asesoramiento en el presente  
trabajo de tesis.*

*Al Benemerito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Guatemala  
Por su valiosa colaboración.*

*A Jorge Guillermo Juarez, Juan Jose Quintana y Cesar Ramirez  
Por su valiosa ayuda y amistad en el desarrollo del presente  
trabajo de tesis.*

*ACTO QUE DEDICO*

*A:*

*mi Padre:*

*santos Mejia Oliva.*

*mi Madre:*

*Alicia Godinez Reyes.*

*mi Esposa:*

*Aura Judith Hernandez Garcia.*

*mis Hijos:*

*Nery José Mejia Hernandez.  
Miguel Fernando Mejia Hernandez.*

*mis Tios:*

*Exequiel Godinez que descanse en paz.  
José Cruz Godinez que descanse en paz.  
Marcial Godinez.  
José Angel Godinez.  
Esmerita Godinez.  
Domingo Mejia.*

*mis Hermanos:*

*Elizabeth Godinez.  
Vilma Yolanda Mejia.  
José Danilo Mejia.*

*mis Abuelos:*

*Ramona Reyes Paz.  
José Cruz Godinez que descanse en paz.  
Natividad Mejia Cáceres que descanse en paz.  
Domingo Oliva Morales que descanse en paz.*

*mis Primos:*

*Jorge Eduardo Godinez.  
Ana Ramona Godinez.  
Leonel Esmundo Ramirez.  
Sandra Maribel Ramirez.  
Cesar Ramirez.*

*todos mis sobrinos y sobrinas.*

*todos mis amigos especialmente a Hugo Gonzalez y Sofia.*

## INDICE

INDICE DE GRAFICAS	I
INDICE DE FIGURAS	II
INDICE DE TABLAS	III
INTRODUCCION	IV
OBJETIVOS	V
1. INFORMACION SOBRE PERDIDAS POR INCENDIOS EN GUATEMALA	1
1.1 Información sobre pérdidas por incendios.	
1.2 Estadísticas	1
2. CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO	18
2.1 Química y física del fuego	18
2.2 Explosiones y su control	25
2.3 Productos de combustión y sus efectos sobre la seguridad de las personas.	26
2.4 Teoría del fuego	28
2.5 Movimiento de los humos en el interior de los edificios.	32
3. RIESGO DE INCENDIO DE MATERIALES Y PROCESOS EN LA INDUSTRIA	32
3.1 Identificación de los riesgos de los materiales	32
3.2 Madera	33
3.3 Fibras y Textiles	33
3.4 Líquidos combustibles e inflamables	34
3.5 Gases	35
3.6 Productos químicos	36
3.7 Explosivos y agentes detonantes	38
3.8 Plásticos	38
3.9 Polvos	39
3.10 Metales	39
3.11 Algunos procesos de alto riesgo	40
3.12 Prevención de incendios en materiales de alto riesgo de combustión espontánea.	40
4. PELIGROS PARA LA VIDA HUMANA EN EDIFICIOS	41
4.1 Elementos de seguridad humana	41
4.2 Conceptos para el diseño de salidas de emergencia	42
4.3 Evacuación de un área de trabajo	49
5. SISTEMAS Y AGENTES ESPECIALES DE EXTINCION DE INCENDIOS	52
5.1 Sistemas de alarmas	52
5.2 Sistemas de extinción con agua	52
5.3 Agentes químicos especiales de extinción de incendios	58
5.4 Tipos de extintores	60

CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
ANEXOS :	73
a. Formulario de inspección	73
b. Señalización Internacional.	76
GLOSARIO	78
BIBLIOGRAFIA	79

## INDICE DE GRAFICAS

NUMERO	DESCRIPCION	PAGINA
1.1	Tipos de lesión en los incendios de industrias.	13
1.2	Distribución de los incendios de acuerdo a zonas.	14
1.3	Distribución de incendios de acuerdo con trimestres.	15
1.4	Causas que originan los incendios.	16
1.5	Distribución de incendios de acuerdo al tipo de Industria	17

## INDICE DE FIGURAS

NUMERO	DESCRIPCION	PAGINA
2.1	Límite de inflamabilidad	20
2.2	Transferencia de calor por convección en una habitación	22
2.3	Transferencia de calor por conducción	23
2.4	Transferencia de calor por radiación	23
2.5	Anatomía del fuego	28
2.6	El tetraedro del fuego	29
2.7	Materiales de fuego clase "A"	30
2.8	Materiales de fuego clase "B"	31
2.9	Movimiento del humo en edificios	32
4.1	Elipse Humana	42
4.2	Velocidad en pasillos horizontales	43
4.3	Simulacros de evacuación planificados y realizados con frecuencia	47
4.4	Salidas de evacuación despejadas	48
4.5	Señalización de vías de evacuación	48
4.6	Por lo menos dos vías separadas de salida	49
5.1	Ejemplo de red de rociadores automáticos	53
5.2	Distribución de agua de acuerdo al tipo de rociador	54
5.3	Gabinete clase III	56
5.4	Extintores de agua	61
5.5	Extintor de anhídrido carbónico	65
5.6	Ejemplo de distribución de extintores	69

III

INDICE DE TABLAS

NUMERO	DESCRIPCION	PAGINA
1.1	Distribución de incendios en industrias en Guatemala	1
1.2	Distribución de incendios en industrias en Guatemala, continuación	5
1.3	Personas lesionadas, distribución por tipo de lesión	8
1.4	Personas lesionadas por causa de incendios	8
1.5	Distribución por edad	9
1.6	Distribución de acuerdo con el sexo	9
1.7	Distribución de incendios de acuerdo con su ubicación	9
1.8	Distribución de incendios por trimestre	10
1.9	Distribución de acuerdo con las diferentes causas de origen de incendios	10
1.10	Distribución por tipo de industria	11
2.1	Respuestas al monóxido de carbono	27
3.1	Composición química de la madera en porcentaje de componentes en peso	33
3.2	Características de combustión de las fibras textiles sintéticas	34
3.3	Clasificación de los líquidos inflamables y combustibles de acuerdo con el punto de inflamación	34
3.4	Materiales de alto riesgo	40
4.1	Requisitos del código de seguridad humana para las distancias a recorrer hasta las salidas	45
4.2	Relación entre el movimiento y la concentración en escalera	46
5.1	Clasificación de temperatura de los rociadores automáticos y código de colores	53
5.2	Norma para la instalación de sistemas de tuberías NFPA	55
5.3	Guía de las necesidades de abastecimiento de agua para sistemas de rociadores automáticos	57
5.4	Características de los extintores de agua	62
5.5	Características de los extintores de polvos químicos	62
5.6	Características de los extintores de CO2	65
5.7	Emplazamiento de extintores para fuegos clase A	68
5.8	Emplazamiento para extintores fuego clase B, excluyendo depósitos profundos de líquidos inflamables	70

## INTRODUCCION

El presente trabajo pretende ayudar a los profesionales del área, docentes, estudiantes, instituciones de servicio y a cualquier persona interesada en informarse sobre este tema.

La protección contra incendios sólo puede comenzar educando a las personas sobre los peligros que encierra un incendio; es por esto que se inicia este trabajo dando una breve historia de los incendios en las industrias guatemaltecas a través de los años, mostrando el número de incendios, pérdidas en vidas y otros.

El comportamiento del fuego, las diferentes circunstancias que lo pueden originar complementado con los diferentes sistemas de extinción del mismo, le da a este trabajo una gran importancia para que sea una valiosa herramienta de consulta.

Para complementar el trabajo se hace un análisis del comportamiento humano en un incendio, así como todos los pasos que una industria debe seguir para formar una organización en seguridad que le permita prevenir y combatir los incendios. Las brigadas de bomberos industriales, los planes de emergencia y evacuación, así como la ayuda de instituciones públicas debidamente organizados y coordinados deberán sin duda alguna combatir con éxito cualquier siniestro.



**OBJETIVOS****OBJETIVOS GENERALES**

1. Desarrollo de conocimientos básicos para la prevención de incendios en la industria.
2. Conocimiento acerca de la situación actual en materia de incendios en nuestro país.
3. Que el presente trabajo sirva como una fuente de consulta para estudiantes, profesionales y personas interesadas en la materia.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Conocimiento de la teoría del fuego para combatir con éxito un incendio; para esto, el lector deberá conocer a fondo los tres elementos principales que forman el fuego: combustible, calor y oxígeno.
2. Conocimiento de las tres formas básicas de transferencia de calor: convección, radiación y conducción.
3. Interpretación de lo que son: punto de ignición, límite de inflamabilidad y punto de inflamación en un material inflamable.
4. Conocimiento acerca de los riesgos específicos de incendio en la industria.
5. Conocimiento acerca del comportamiento del fuego en edificios.
6. Identificación de señales internacionales.
7. Conocimiento acerca del origen y control de explosiones en incendios.

## CAPITULO 1

## INFORMACION SOBRE PERDIDAS POR INCENDIOS EN GUATEMALA

**1.1. Información sobre pérdidas por incendios.**

La información aportada por cada departamento de bomberos, así como la procedente de otras fuentes, es fundamental para la elaboración de historiales de incendios en nuestro país; los datos obtenidos aportan los medios necesarios para establecer comparaciones significativas entre tipos de industria, regiones y otras. La información recabada de esta manera tiene una notable influencia en la evolución de la protección contra incendios. Se ha tomado como base fundamental de la investigación de incendios acaecidos en las industrias guatemaltecas; los informes fueron proporcionados por el Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Guatemala.

**1.2 Legislación actual.**

El código de trabajo de Guatemala, título quinto, capítulo único, artículo 197 dice lo siguiente "Todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la salud y la moralidad de los trabajadores". En el artículo número 198, se especifica lo siguiente "Todo patrono está obligado a acatar y hacer cumplir las medidas que indique el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social con el fin de prevenir el acaecimiento de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales".

El reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, capítulo siete dice:

**INDUSTRIAS QUE OFRECEN PELIGRO DE INCENDIO O EXPLOSION**

**ARTICULO 83.** Estas industrias deberán estar situadas en zonas o sectores que no constituyan amenaza para la vida y tranquilidad de la sociedad.

**ARTICULO 84.** Los edificios donde están instaladas las industrias que ofrecen peligro de incendio o explosión, deben ser de preferencia de un solo piso, de materiales incombustibles y contruidos adecuadamente para resistir el fuego, explosión o ambos a la vez. La calidad de construcción se determinará de acuerdo con la naturaleza de los productos que se elaboren o almacenen y las normas técnicas que contengan reglamentos especiales.

**ARTICULO 85.** Cada local debe tener un número suficiente de salidas convenientemente dispuestas para caso de incendio, indicándose mediante señales, la dirección a seguir para llegar a ellas y colocándose cerca de las mismas y en sitio visible, avisos con la leyenda "salida de emergencia". Estas puertas no deben cerrarse con llave, deben abrirse fácilmente y encontrarse libres de obstáculos de cualquier clase.

**ARTICULO 92.** En las industrias o trabajos que ofrezcan peligros de incendio o explosión, deben tomarse las medidas necesarias para que todo incendio en sus comienzos, pueda ser rápida y eficazmente combatido. Estas medidas serán:

- a) Los locales deben disponer de agua a presión y de un número suficiente de tomas de agua con las correspondientes mangueras con lanza.

- b) Debe disponerse de una instalación de alarma y de rociadores automáticos de extinción.
- c) Debe haber siempre el número suficiente de extintores de incendio, repartidos convenientemente.
- d) Debe disponerse también de recipientes llenos de arena, cubos, palas y piochas cubiertos con lona ignífuga.
- e) Todo material de que se disponga para combatir el incendio debe mantenerse en perfecto estado de conservación y funcionamiento, lo cual se comprobará periódicamente.
- f) Deben darse a conocer al personal las instrucciones adecuadas sobre salvamento y actuación para el caso de producirse el incendio y deben designarse y aleccionarse convenientemente, aquellos trabajadores que hayan de manejar el material extintor.

### 1.3 Estadísticas

A continuación, se detalla la información encontrada acerca de los incendios en Guatemala, durante los años de 1993 y 1994.

ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS 1993-1994					
(24 hrs. )					AREA
No	FECHA	HORA	LOCALIZACION DE LA FABRICA	TIPO DE INDUSTRIA	SINIESTRADA
1	03/01/93	11:20	Zona 1, Ciudad Capital	Taller mecánico	Ignoradas
2	25/1/93	11:30	Zona 0, Ciudad Capital	Fábrica de reencauche	Ignoradas
3	20/2/93	12:55	Zona 11, Ciudad Capital	Taller eléctrico	Ignoradas
4	18/2/93	23:35	Zona 2, Ciudad Capital	Laboratorio	Ignoradas
5	26/2/93	00:45	Mirco, depto. Guatemala	Fabricación de refrigeradores	Caldera
6	25/3/93	15:15	zona 1. Ciudad Capital	Taller mecánico	Ignorada
7	01/03/93	22:10	Zona 1, Ciudad Capital	Tabacalera	Bodega
8	02/03/93	02:20	Villa Nueva	Fábrica de frazadas	Maquinaria
9	17/4/93	23:25	Zona 3, Ciudad Capital	Maquiladora de ropa	Desecho de tela
10	07/04/93	05:30	Zona 4, Ciudad Capital	Fábrica de tortillas	Maquinaria
11	14/4/93	22:45	Zona 13, Ciudad Capital	Fábrica de muebles	Bodega
12	16/5/93	05:20	Zona 8, Ciudad Capital	Fábrica de muebles	Ignorada
13	11/05/93	13:09	Zona 3, Ciudad Capital	Taller mecánico	Ignorada

ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS 1993-1994					AREA
No	FECHA	HORA (24 hrs. )	LOCALIZACION DE LA FABRICA	TIPO DE INDUSTRIA	SINIESTRADA
14	07/05/93	22:00	Zona 4, Ciudad Capital	Fábrica de tortillas	Ignorada
15	04/05/93	15:15	Zona 3, Ciudad Capital	Taller de carpintería	Hornos
16	08/05/93	14:15	Zona 11, Ciudad Capital	Refrigeración y aire acondicionado	Ignorada
17	20/7/93	22:30	Escuintla	Taller mecánico	Ignorada
18	02/08/93	12:40	Zona 21, Ciudad Capital	Taller de carpintería	Bodega
19	18/8/93	02:40	Zona 2, Ciudad Capital	Panadería	Hornos
20	01/09/93	00:54	Zona 3, Ciudad Capital	Fábrica de plásticos	Ignorada
21	01/09/93	20:20	Zona 3, Ciudad Capital	Maquiladora de ropa	Ignorada
22	06/09/93	17:00	Km 6 1/2, carretera al atlántico	Avícola	Silos de maicillo
23	23/9/93	19:40	Km. 18.5 San José Pinula	Productos alimenticios	Laboratorio
24	09/10/93	00:05	Zona 6, Ciudad Capital	Fábrica de tortillas	Hornos
25	24/11/93	22:00	Zona 1, Ciudad Capital	Taller mecánico	Ignorada
26	30/12/93	03:15	Zona 1, Ciudad Capital	Panadería	Ignorada
27	24/12/93	19:05	Zona 8, Ciudad Capital	Grabados en acero	Ignorada
28	24/12/93	22:30	Zona 11, Ciudad Capital	Sastrería	Ignorada
29	25/12/93	00:54	Santa Catarina Pinula	Tenería	Ignorada
30	25/12/93	20:15	Zona 14, Ciudad Capital	Imprenta	Soldadura

GOBIERNO DE GUATEMALA  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS

ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS 1993-1994					
(24 hrs. )					AREA
No	FECHA	HORA	LOCALIZACION DE LA FABRICA	TIPO DE INDUSTRIA	SINIESTRADA
31	31/12/93	12:50	Km. 27.5 carretera a El Salvador	Empaque de fresas	Bodega
32	03/12/93	13:54	Mixco	Plásticos	Ignorada
33	22/12/93	13:40	Zona 17, Ciudad Capital	Carpintería	Ignorada
34	13/1/94	15:55	Zona 1, Ciudad Capital	Fábrica cajas de seguridad	Ignorada
35	18/1/94	14:25	Zona 18, Ciudad Capital	Procesadora de basura, municipalidad	Ignorada
36	07/02/94	00:00	Zona 2, Ciudad Capital	Panadería	Basurero
37	21/2/94	17:40	Km. 6.5 carretera al atlántico	Fabricación de plásticos	Basurero
38	25/2/94	20:50	Zona 3, Ciudad Capital	Reparación de computadoras	Ignorada
39	27/2/94	14:20	Zona 5, Ciudad Capital	Fábrica de helados	Chatarra
40	13/2/94	11:00	Zona 5, Ciudad Capital	Hostadería de café	Depósito diesel
41	17/2/94	11:20	Zona 4, Ciudad Capital	Maquiladora de ropa	Horno pintura
42	18/2/94	17:25	Zona 2, Ciudad Capital	Taller de soldadura	Basurero
43	08/03/94	00:15	Zona 1, Ciudad Capital	Lavandería	Ignorada
44	01/03/94	13:25	Zona 12, Ciudad Capital	Taller de estructuras metálicas	Ignorada
45	07/03/94	13:00	Zona 12, Ciudad Capital	Fábrica de plásticos	Ignorada
46	06/03/94	10:50	Zona 7, Ciudad Capital	Panadería	Hornos
47	17/4/94	17:00	Zona 1, Ciudad Capital	Imprenta	Ignorada

ESTADISTICAS DE INCENDIOS 1993-1994					
		(24 hrs. )			AREA
No	FECHA	HORA	LOCALIZACION DE LA FABRICA	TIPO DE INDUSTRIA	SINIESTRADA
48	03/04/94	20:45	Km. 18.5 carretera a El Salvador	Fábrica de muebles	Maquinaria
49	29/4/94	09:30	Zona 4, Ciudad Capital	Fábrica productos alimenticios	Bodega
50	05/04/94	01:40	Zona 7, Ciudad Capital	Carpintería	Bodega n.p.
51	19/4/94	16:45	Zona 11, Ciudad Capital	Fabricación de sacos de quenaf	Ignorada
52	06/03/94	18:15	Km. 17.5 San Juan Sacatepequez	Fábrica de muebles	Bodega n.p.
53	19/5/94	06:45	Km. 21 carretera al atlántico	Fábrica de pinturas	Bodega n.p.
54	11/05/94	15:00	Zona 3, Ciudad Capital	Fábrica de calzado	Ignorada
55	24/5/94	08:55	Zona 11, Ciudad Capital	Taller de herrería	Ignorada
56	02/07/94	10:50	Zona 7, Ciudad Capital	Fábrica de plásticos	Bodega
57	07/07/94	10:10	Zona 11, Ciudad Capital	Alimentos para animales	Desecho n.p.
58	07/10/94	17:35	Km. 52 carretera a el pacífico	Fábrica de gas	Cisterna
59	16/10/94	19:15	Zona 7, Ciudad Capital	Tostaduría de café	Ignorada
60	14/11/94	18:00	Zona 1, Ciudad Capital	Piñatería	Ignorada
61	17/11/94	14:10	Zona 12, Ciudad Capital	Maquiladora de ropa	Bodega
62	25/11/94	23:10	Zona 11, Ciudad Capital	Taller mecánico	Basurero
63	13/11/94	22:00	Zona 1, Ciudad Capital	Laboratorio	Ignorada
64	24/12/94	19:15	Km 12, carretera a el atlántico	Fábrica de plásticos	Bodega

ESTADISTICAS DE INCENDIOS 1993-1994					
(24 hrs. )					AREA
No	FECHA	HORA	LOCALIZACION DE LA FABRICA	TIPO DE INDUSTRIA	SINIESTRADA
65	01/12/94	18:25	Zona 6, Ciudad Capital	Fabricación de cosméticos	Ignorada
66	11/12/94	07:45	zona 5, Ciudad Capital	Panadería	Ignorada
67	14/12/94	13:45	Ka. 26, Aezitlán	Planta de químicos	Ignorada
69	28/12/94	23:20	Zona 5, Ciudad Capital	Fábrica de cosméticos	Bodega
69	28/12/94	15:45	Zona 12, Ciudad Capital	Fabricación de hombreras de esponja	Ignorada
70	27/12/94	22:30	Zona 11, Ciudad Capital	Gasolinera	Planta eléctrica
71	29/12/94	16:00	Zona 11, Ciudad Capital	Fábrica de velas	Gas propano
72	31/12/94	12:00	Zona 11, Ciudad Capital	Fábrica de filtros para agua	Ignorada
TOTAL 1993		33			
TOTAL 1994		39			
T O T A L		72			

TABLA 1.1 DISTRIBUCION DE INCENDIOS EN INDUSTRIAS EN GUATEMALA.

No.	CAUSAS DEL SINIESTRO	DURACION (MINUTOS)	PERDIDAS EN (QUETZALES)	AGUA (GALONES)	ESPUMA (GALONES)
1	Ignoradas	25	ignoradas	ignorada	0
2	Recalentamiento en desperdicio de hule	45	ignoradas	ignorada	0
3	Ignoradas	25	020.000,00	300	0
4	Ignoradas	75	0150.000,00	ignorada	0
5	Recalentamiento en caldera	25	ignoradas	500	0
6	Ignoradas	45	0100.000,00	500	0

No.	CAUSAS DEL SINIESTRO	DURACION (MINUTOS)	PERDIDAS EN (QUETZALES)	AGUA (GALONES)	ESPUMA (GALONES)
7	Recalentamiento desperdicio tabaco	115	040.000,00	ignorada	0
8	Ignición de desperdicio	90	01.000.000,00	2500	0
9	Ignoradas	15	0500,00	1000	0
10	Recalentamiento de maquinaria	100	0700.000,00	25000	5
11	Ignoradas	485	01.500.000,00	25000	0
12	Ignoradas	25	ignoradas	ignorada	0
13	Ignoradas	20	020.000,00	300	0
14	Ignoradas	60	ignoradas	1500	0
15	Material combustible en el área	35	05.000,00	500	0
16	Corto circuito	25	015.000,00	ignorada	0
17	Ignoradas	45	045.000,00	1500	0
18	Ignoradas	20	ignoradas	ignorada	0
19	Material combustible en el área	50	ignoradas	1000	0
20	Corto circuito	375	ignoradas	10000	0
21	Ignoradas	410	03.000.000,00	12000	0
22	Ignoradas	90	ignoradas	300	0
23	Ignoradas	95	010.000,00	250	0
24	Ignoradas	35	03.000,00	200	0
25	Ignoradas	80	000.000,00	10000	0
26	Ignoradas	60	060.000,00	10000	0
27	Ignoradas	65	ignoradas	700	0
28	Ignoradas	20	010.000,00	400	0
29	Fuego pirotécnico	120	050.000,00	10000	0
30	Chispa de soldadura	100	010.000,00	100	0
31	Ignoradas	105	0300.000,00	3000	0
32	Ignoradas	55	ignoradas	1500	0
33	Corto circuito	65	03.000,00	200	0



No.	CAUSAS DEL SINIESTRO	DURACION (MINUTOS)	PERDIDAS EN (QUETZALES)	AGUA (GALONES)	ESPUMA (GALONES)
34	Ignición laca sintética	65	05.000,00	750	0
35	Ignoradas	40	00,00	500	0
36	Ignoradas	25	ignoradas	500	0
37	Ignoradas	370	ignoradas	1500	0
38	Ignoradas	50	ignoradas	500	0
39	Ignoradas	40	ignoradas	150	0
40	Chispa de soldadura	45	010.000,00	8000	0
41	Corto circuito en motor del horno	75	030.000,00	5000	0
42	Chispas de soldadura	10	00,00	50	0
43	Ignoradas	05	010.000,00	2000	0
44	Ignoradas	50	020.000,00	900	0
45	Ignoradas	65	ignoradas	5000	0
46	Material combustible cerca del área	25	010.000,00	150	0
47	Ignoradas	45	0150.000,00	1500	0
48	Ignoradas	225	0500.000,00	ignorada	0
49	Chispas de soldadura	35	050.000,00	1000	0
50	Ignoradas	60	ignoradas	300	0
51	Ignoradas	125	0150.000,00	9000	0
52	Ignoradas	325	ignoradas	6000	0
53	Ignición de nitrocelulosa y pintura tratada	105	01.000.000,00	ignorada	0
54	Ignoradas	05	025.000,00	5000	0
55	Ignoradas	40	050.000,00	500	0
56	Ignoradas	150	015.000,00	8000	0
57	Ignoradas	00	ignoradas	500	0
58	Ignoradas	145	ignoradas	300	0
59	Corto circuito	55	ignoradas	ignorada	0
60	Ignoradas	40	ignoradas	ignorada	0

No.	CAUSAS DEL SINIESTRO	DURACION (MINUTOS)	FERIDAS EN (QUETZALES)	AGUA (GALONES)	ESPUMA (GALONES)
61	Ignoradas	50	05.000,00	500	0
62	Ignoradas	10	ignoradas	ignorada	0
63	Ignoradas	35	075.000,00	6000	0
64	Ignoradas	85	020.000,00	9200	0
65	Candela de parafina	35	010.000,00	ignorada	0
66	Ignoradas	55	075.000,00	ignorada	0
67	Ignoradas	260	050.000.000,00	30000	432
68	Ignoradas	85	04.000.000,00	40000	50
69	Ignoradas	65	0300.000,00	ignorada	0
70	Sobrecalentamiento de la planta	45	0300.000,00	ignorada	0
71	Fuga del gas	45	025.000,00	1500	0
72	Fuego pirotécnico	50	ignoradas	ignorada	0
TOTAL 1993			0.7.121.500,00	117350	5
TOTAL 1994			0.56.835.000,00	146600	482
TOTAL			0.63.956.500,00	263950	487

TABLA 1.2 DISTRIBUCION DE INCENDIOS DE INDUSTRIAS EN GUATEMALA.

TIPO DE LESION	1993	1994	NUMERO TOTAL DE PERSONAS LESIONADAS EN INCENDIOS.
INTOXICADOS	0	8	8
QUEMADURA SEGUNDO GRADO	1	3	4
QUEMADURA PRIMER GRADO	0	1	1

TABLA 1.3 PERSONAS LESIONADAS, DISTRIBUCION POR TIPO DE LESION.

FECHA	HERIDOS	EDAD	SEXO	TIPO DE LESION
29/1/94	1	25	M	QUEMADURAS DE SEGUNDO GRADO
29/1/94	1	20	F	QUEMADURAS DE SEGUNDO GRADO
14/12/94	7	20-30	M	INTOXICADOS

FECHA	HERIDOS	EDAD	SEXO	TIPO DE LESIÓN
1/12/94	1	15	M	QUEMADURAS PRIMERO Y SEGUNDO GRADO
1/3/94	1	27	M	QUEMADURAS SEGUNDO Y TERCER GRADO
25/2/94	1	35	M	INTOXICADO
2/3/93	1	18	M	QUEMADURAS SEGUNDO Y TERCER GRADO
TOTALES	13			

TABLA 1.4 PERSONAS LESIONADAS A CAUSA DE INCENDIOS

RANGO DE EDAD	1993	1994
14-18 AÑOS	1	1
19-30 AÑOS	0	9
MAS DE 30 AÑOS	0	1

TABLA 1.5 DISTRIBUCION POR EDAD

SEXO	1993	1994
MASCULINO	1	11
FEMENINO	0	1

TABLA 1.6 DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO AL SEXO

UBICACION	1993	1994	TOTAL
ZONA 1	5	5	10
ZONA 2	2	2	4
ZONA 3	6	1	7
ZONA 4	2	2	4
ZONA 5	0	4	4
ZONA 6	1	1	2
ZONA 7	0	4	4
ZONA 8	3	0	3
ZONA 11	3	7	10
ZONA 12	0	5	5

UBICACION	1993	1994	TOTAL
ZONA 13	1	0	1
ZONA 14	1	0	1
ZONA 17	1	0	0
ZONA 18	0	1	1
MIXCO	2	0	2
VILLA NUEVA	1	0	1
MUNICIPIOS/DEPARTAMENTOS	5	7	12

TABLA 1.7 DISTRIBUCION DE INCENDIOS DE ACUERDO A SU UBICACION.

TRIMESTRE	1993	1994
PRIMER TRIMESTRE	8	14
SEGUNDO TRIMESTRE	8	8
TERCER TRIMESTRE	7	2
CUARTO TRIMESTRE	10	15

TABLA 1.8 DISTRIBUCION DE INCENDIOS POR TRIMESTRE.

CAUSAS	1993	1994	TOTAL
ORIGEN ELECTRICO	3	2	5
SOLDADURA	1	3	4
SOBRECALENTAMIENTO	4	2	6
IGNICION DE DESPERDICIO	3	0	3
FUEGO PIROTECNICO	1	1	2
IGNICION COMBUSTIBLE INFLAMABLE	0	2	2
IGNICION DE GAS	0	1	1
IGNICION POR CANDELA	0	1	1
IGNORADAS	21	27	48
TOTAL	33	39	72

TABLA 1.9 DISTRIBUCION DE ACUERDO A LAS DIFERENTES CAUSAS DE ORIGEN DE INCENDIOS.

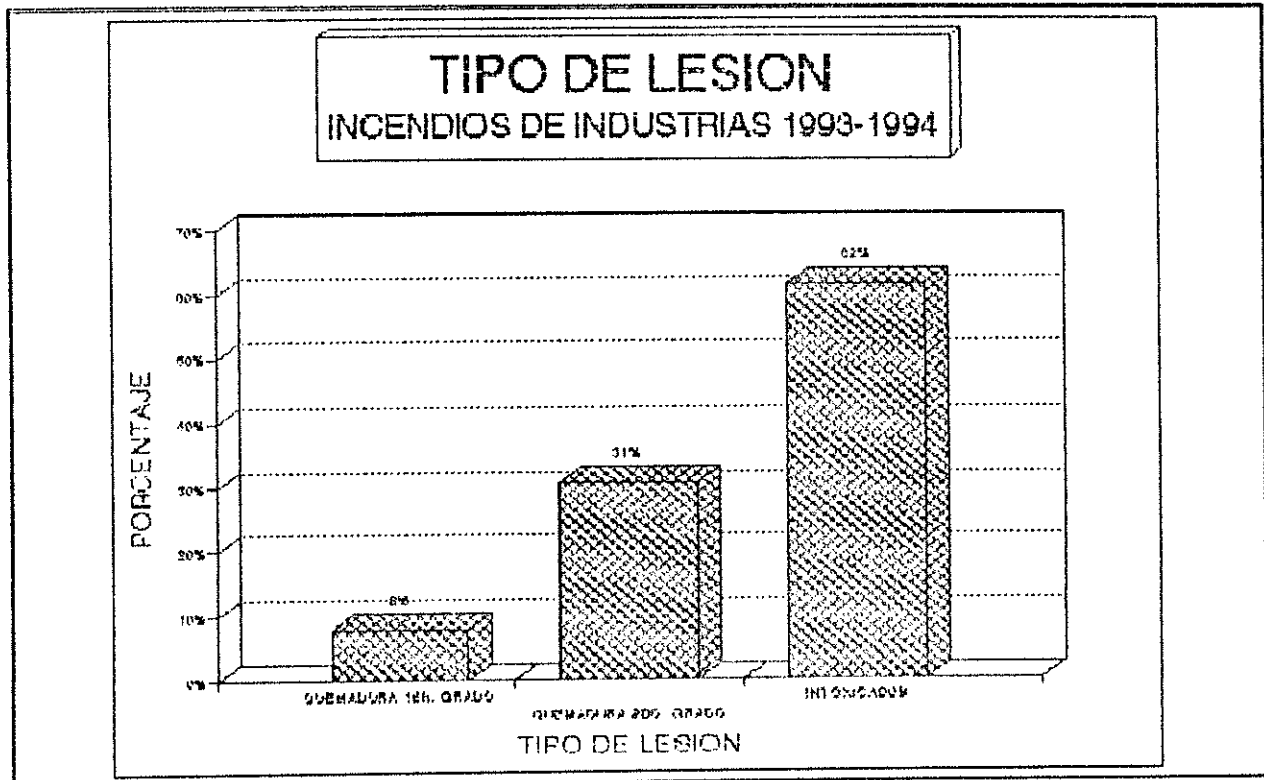
TIPO DE INDUSTRIA	TOTAL
PANADERIA	5
TALLER MECANICO	6
FABRICA DE MUEBLES	8
TALLER DE SOLDADURA	3
TALLER ELECTRICO	1
MAQUILADORA DE ROPA	4
LABORATORIO	4
PLANTA DE QUIMICOS	1
PLANTA DE REENCAUCHE	1
FABRICA DE REFRIGERADORES	1
TABACALERA	1
PLASTICOS	5
FABRICA DE TORTILLAS	3
TOSTADURIA DE CAFE	2
FABRICA DE FRAZADAS	1
REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO	1
AVICOLA	1
FABRICA DE ALIMENTOS	3
IMPRENTA	2
SASTRERIA	1
PIÑATERIA	1
FABRICA DE HELADOS	1
TENERIA	1
GRABADOS EN ACERO	1
FABRICA DE CANDELAS	1
FABRICA DE FILTROS	1
GASOLINERA	1
HOMBRERAS DE ESPONJA	1
FABRICA DE CALZADO	1

TIPO DE INDUSTRIA	TOTAL
FABRICA DE GAS	1
FABRICA DE PINTURAS	1
SACOS DE QUENAF	1
LAVANDERIA	1
EMPAQUE DE FRESAS	1
CAJAS DE SEGURIDAD	1
TALLER DE COMPUTADORAS	1
PROCESADORA DE BASURA	1

TABLA 1.10 DISTRIBUCION POR TIPO DE INDUSTRIA.

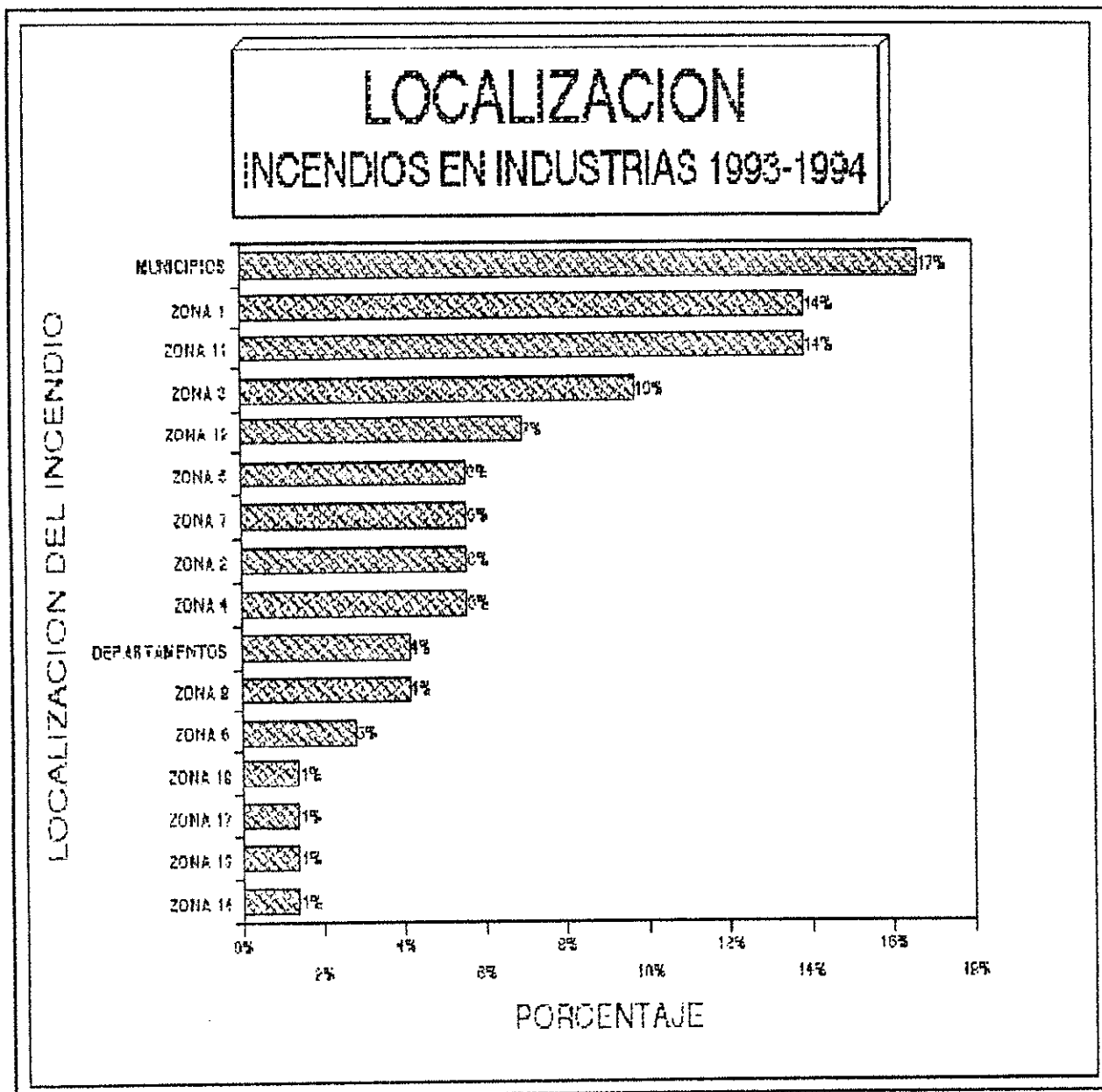
Esta información ha sido proporcionada por el "Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios" de Guatemala.

A continuación, se podrán encontrar algunas gráficas que analizan la información anterior.



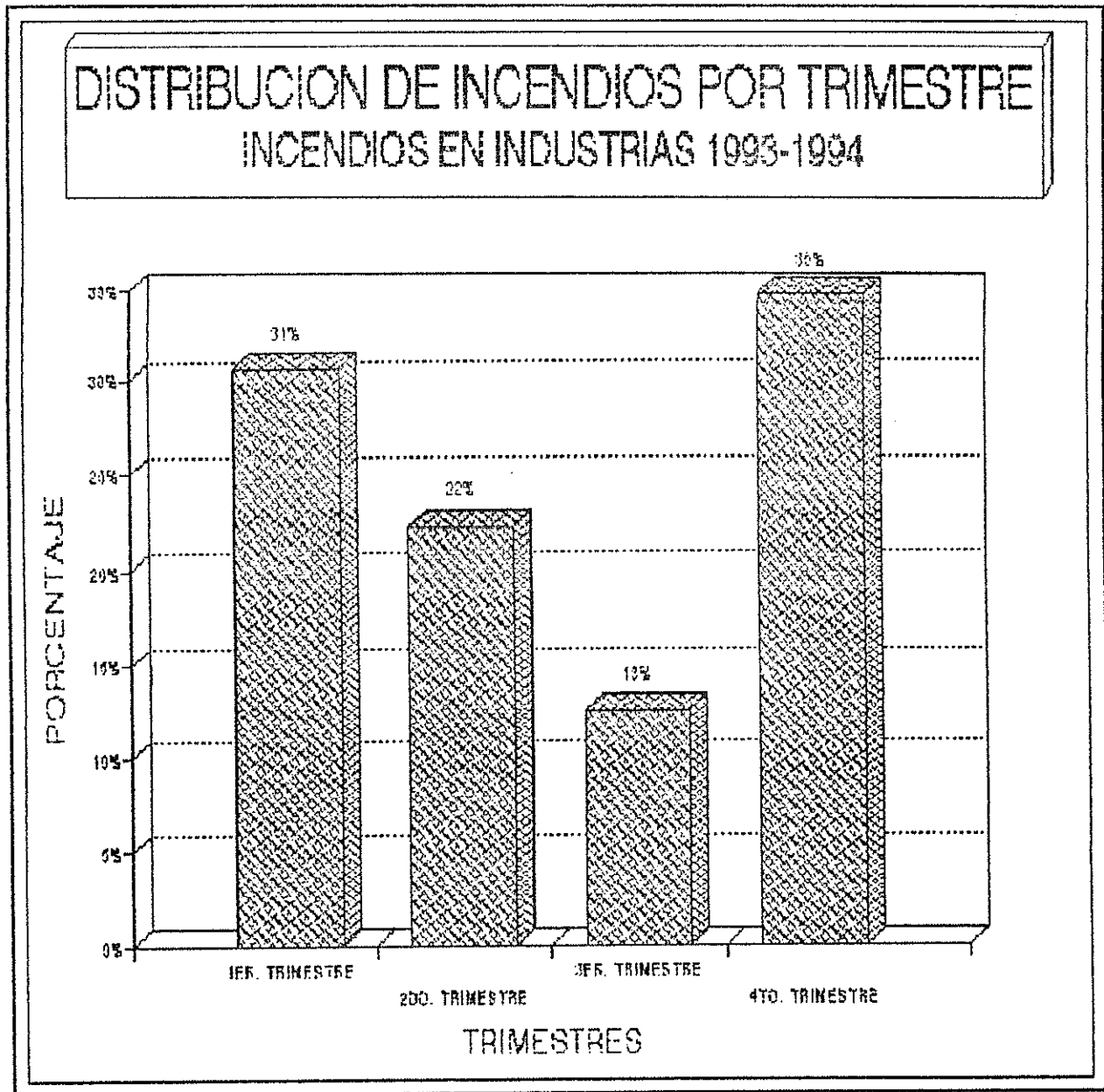
GRAFICA 1.1 TIPOS DE LESION EN LOS INCENDIOS DE INDUSTRIAS.

Como se puede apreciar, el porcentaje mayor corresponde a las personas intoxicadas a causa del humo que producen los incendios; a éstas corresponde el 62 %, las personas con quemaduras de segundo grado fueron el 31 % y las de primer grado fueron el 2 %.



GRAFICA 1.2 DISTRIBUCION DE LOS INCENDIOS DE ACUERDO A ZONAS.

Los municipios son los más afectados con un 17 % del total de incendios registrados; en orden de importancia le siguen la zona 11 de la ciudad capital con el 14% y la zona 1 también con el 14 % del total

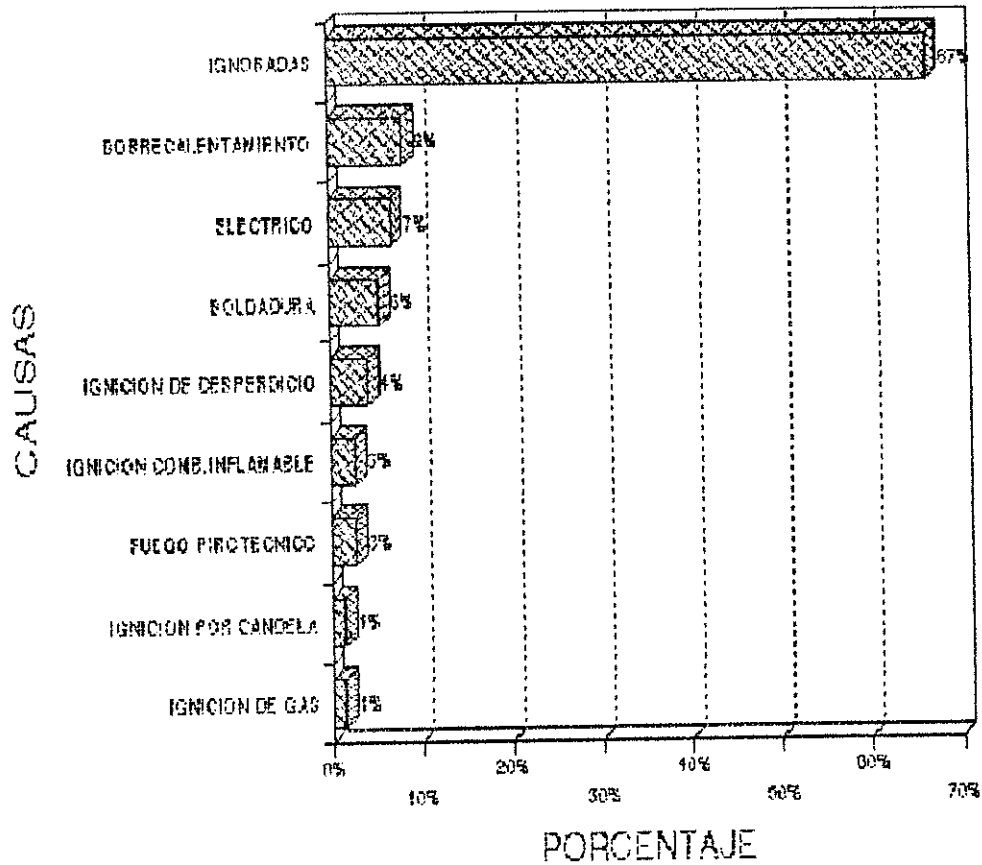


GRAFICA 1.3 DISTRIBUCION DE INCENDIOS DE ACUERDO A TRIMESTRES.

El cuarto trimestre es el más alto en número de incendios con un 35 %, seguido del primer trimestre con un 31 % y el tercer trimestre con un 22 %



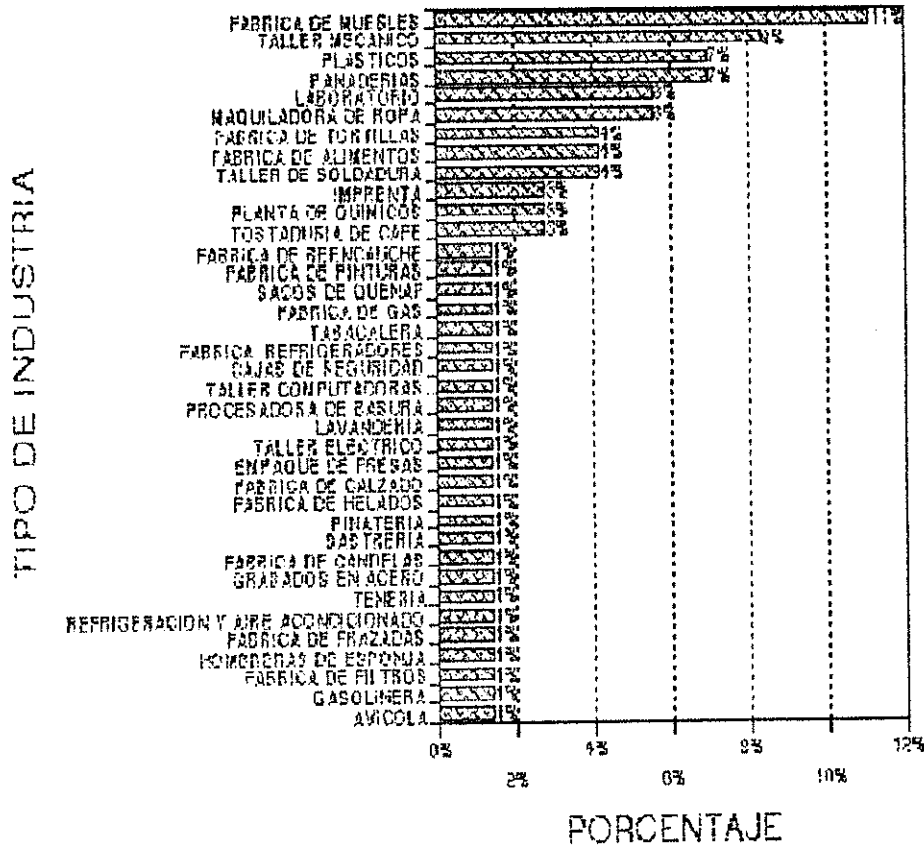
## PRINCIPALES CAUSAS DE INCENDIOS INDUSTRIAS GUATEMALTECAS, 1993-1994



GRAFICA 1.4 CAUSAS QUE ORIGINAN LOS INCENDIOS.

El 67 % de las causas de incendios no pudieron ser determinadas; el 8 % de los incendios se debió a sobrecalentamiento de los equipos, el 7 % a problemas eléctricos y el 6 % a procesos de soldadura.

## DISTRIBUCION POR TIPO DE INDUSTRIA INCENDIOS EN INDUSTRIAS, 1993-1994



GRAFICA 1.5 DISTRIBUCION DE INCENDIOS DE ACUERDO AL TIPO DE INDUSTRIA.

Las industrias dedicadas a la elaboración de muebles han sido las más afectadas con un 11 % del total de incendios registrados; los talleres mecánicos representan el 8 % y las fábricas de plásticos y panaderías tienen el 7 % cada una del total de incendios.

## CAPITULO 2

## CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

## 2.1. Química y física del fuego

Un incendio es un rápido y espectacular cambio químico en el que las sustancias mas comunes entre nosotros, se transforman en nuevos materiales .

El conocimiento de la química del fuego no es esencial solamente para el combate eficiente de un incendio, sino que también para salvaguardar la salud y la vida de las personas, así como de los bienes materiales.

Las industrias modernas diariamente inventan sustancias nuevas, lo cual obliga a las personas e instituciones encargadas del combate de incendios a mantenerse al día en estos cambios.

## DEFINICIONES Y PROPIEDADES

**ATOMO:** constituye la partícula fundamental de la composición química.

**ELEMENTOS:** sustancias formadas por átomos de una sola clase.

**MOLECULAS:** la combinación de un grupo de átomos.

**COMPUESTOS:** moléculas compuestas de dos o mas clases diferentes de átomos.

**FORMULA QUIMICA:** expresa el número de átomos de los distintos elementos en la molécula pero no siempre indica su distribución.

**NUMERO ATOMICO DE UN ELEMENTO:** es el número de electrones o protones que tiene su átomo.

**PESO ATOMICO DE UN ELEMENTO:** el peso atómico de un elemento es el peso comparado de su átomo.

**PESO MOLECULAR DE UN COMPUESTO:** es la suma de los pesos de todos los átomos que constituyen la molécula. El subexponente que sigue al símbolo de cada átomo en las fórmulas indica el número de átomos que de tal elemento existen en cada molécula del compuesto.

**MOLECULA GRAMO (MOL):** una cantidad de sustancia cuya cantidad expresada en gramos es igual numéricamente a su peso molecular, y se denomina molécula-gramo (mol).

**PESO ESPECIFICO:** relación entre el peso de una materia sólida o líquida con el peso de un volumen igual de agua.

**DENSIDAD RELATIVA DE UN GAS:** es la relación entre el peso de un gas y el peso de un volumen igual de aire seco a la misma temperatura y presión.

**PRESION DE VAPOR Y PUNTO DE EBULLICION:** las moléculas en el líquido se encuentran en constante movimiento; esta nubilidad depende de su temperatura interior, y se escapan continuamente de la superficie libre del líquido hacia el espacio superior. Algunas de ellas permanecen flotando en el espacio mientras que otras, debido al movimiento errático, colisionan con la superficie del líquido, entrando de nuevo a formar parte de él.

Si el líquido se encuentra en un recipiente abierto, las moléculas escapadas, que colectivamente se llaman vapor, se alejan de la superficie. Se dice entonces que el líquido se evapora. Si el líquido se encontrara en un recipiente cerrado, el movimiento de dispersion de las moléculas quedaria limitado al espacio del líquido. Al aumentar el # de moléculas que chocan con la superficie del líquido y vuelven a entrar en el, se llega a alcanzar un punto de equilibrio en el que la cifra de moléculas que sale es igual al número de moléculas que entra. La presión ejercida por el vapor que se escapa en este punto de equilibrio, constituye la denominada presión de vapor y se mide en kilogramos por centímetro cuadrado.

**PUNTO DE EBULLICION:** es la temperatura en que la presión de vapor iguala a la presión atmosférica.

**DENSIDAD RELATIVA VAPOR-AIRE:** es el peso de una mezcla de vapor y aire como resultado de la vaporización de un líquido inflamable en condiciones de equilibrio de temperatura y presión, comparado con el peso de un volumen igual de aire en condiciones idénticas.

**CALOR DE REACCION:** es la energía absorbida o emitida durante una reacción.

**REACCION ENDOTERMICA:** en las reacciones endotérmicas, las sustancias nuevas formadas contienen mas energía que los materiales reaccionantes, por lo tanto, hay absorción de energía.

**REACCION EXOTERMICA:** se producen sustancias con menos energía que los materiales participantes en la reacción y por lo tanto se libera energía, generalmente en forma de calor.

**COMBUSTION:** es una reacción exotérmica autoalimentada que abarca un combustible, en fase condensada, en fase gaseosa o en ambas. En la fase condensada, generalmente produce una incandescencia, mientras que en la fase gaseosa produce una llama visible. Si el fenómeno de la combustión ocurre en un recinto cerrado, aumenta rápidamente la presión y origina una explosión.

Quando un elemento arde, se une con el oxígeno. Quando un compuesto arde, cada elemento se une por separado con el oxígeno, no importando que el compuesto de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno o carbón pueda ser oxidado, ya sea por una combustión rápida, o por el proceso menor al estarse consumiendo; el resultado final será el mismo, llamado dióxido de carbono, agua y nitrógeno libre. Por esto, la combustión es la manera final de separar los materiales orgánicos.

Algunos ejemplos de combustión podrian ser los siguientes :  
químicamente al carbón se le denomina carbono y es un elemento como el azufre

y el oxígeno lo son. Cuando el carbón es calentado suficientemente, arde, es decir se une con el oxígeno; esto es la combustión. El carbón y el oxígeno gradualmente disminuyen quedando en su lugar un gas incoloro e inodoro llamado dióxido de carbono.

**IGNICION:** la ignición es el fenómeno que inicia la combustión autoalimentada. Por temperatura de ignición entendemos como la menor temperatura a la que cualquier parte de una mezcla inflamable de vapor-aire deberá elevarse para iniciar la combustión, para que se propague sola.

**LIMITE DE INFLAMABILIDAD:** son los límites máximo y mínimo de la concentración de un combustible dentro de un medio oxidante, por el que la llama, una vez iniciada, continua propagándose a presión y temperatura específicas, según se muestra en la figura 2.1 si los combustibles líquidos están en equilibrio con sus vapores en el aire.

Cada combustible presenta una temperatura mínima por encima de la cual hay vapor en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable de vapor-aire. Asimismo, hay una temperatura máxima por encima de la cual la presentación del vapor combustible es demasiado elevada para propagar la llama.

Todo lo explicado anteriormente se puede ver más fácilmente por medio de la figura 2.1.

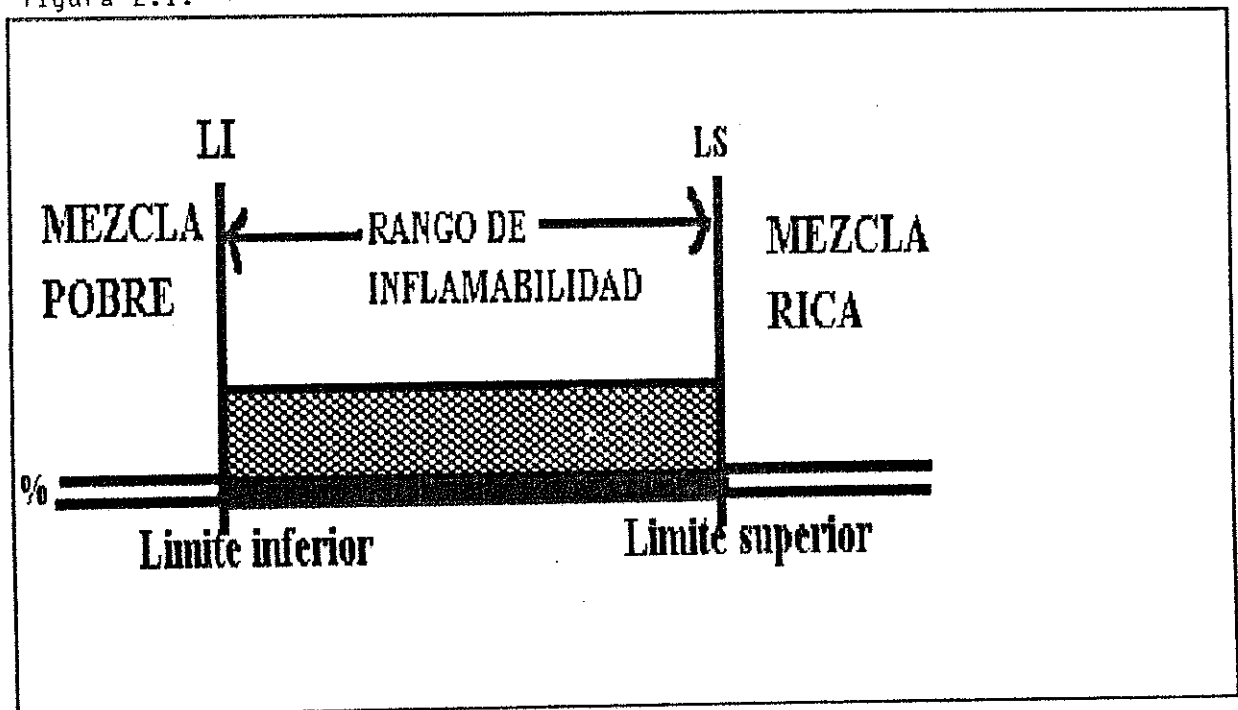


Fig. 2.1 LIMITE DE INFLAMABILIDAD

**PUNTO DE INFLAMACION** : es la temperatura más baja que necesita un líquido contenido en un recipiente abierto para emitir vapores en proporción suficiente para permitir la combustión continuada.

Esta temperatura generalmente es superior en unos cuantos grados a la temperatura más baja de inflamación.

**CATALIZADORES** : los catalizadores son sustancias cuya presencia aún en pequeña cantidad, incrementa fuertemente la velocidad de una reacción, pero sin experimentar en sí misma ningún cambio tras la reacción. Es por esto que en un incendio es preferible mantener un margen de seguridad y trabajos en temperatura menores de ignición recomendadas, ya que las temperaturas de ignición bajan en presencia de un catalizador.

### CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL FUEGO

Una vez revisadas todas las definiciones anteriores, se podrá dar la siguientes definición :

**" EL FUEGO ES LA RAPIDA OXIDACION DE UNA SUSTANCIA COMBUSTIBLE ACOMPARADA DE FLAMA Y CALOR "**.

Para resumir, los principios de inicio y extinción de incendios se detallan a continuación:

- a) Para que surja la combustión necesitamos un agente oxidante, un material combustible y un foco de ignición.
- b) Para inflamar o permitir la propagación de la llama, hay que calentar el material combustible hasta su temperatura de ignición.
- c) La combustión posterior depende del calor que las llamas devuelven al combustible pirolizado o vaporizado.
- d) La combustión continuará hasta que :
  - Se consuma el material combustible.
  - La concentración del producto oxidante descienda por debajo de la necesaria para permitir la combustión.
  - Que haya suficiente calor eliminado o alejado del material como para permitir que continúe la pirólisis del combustible.
  - Que la utilización de productos químicos inhiba las llamas o la temperatura de la misma descienda hasta un valor suficiente para impedir reacciones posteriores.

### TRANSFERENCIA DE CALOR :

El calor se transfiere por convección, conducción y radiación.

**CONVECCION :** es una transferencia de calor por circulación de un líquido o gas . Estas corrientes, llevan aire supercalentado hacia arriba, entre paredes, a través de escaleras, ascensores, etc. al tropezar con un obstáculo hacia arriba se desplaza hacia los lados, pasando por puertas y ventanas abiertas.

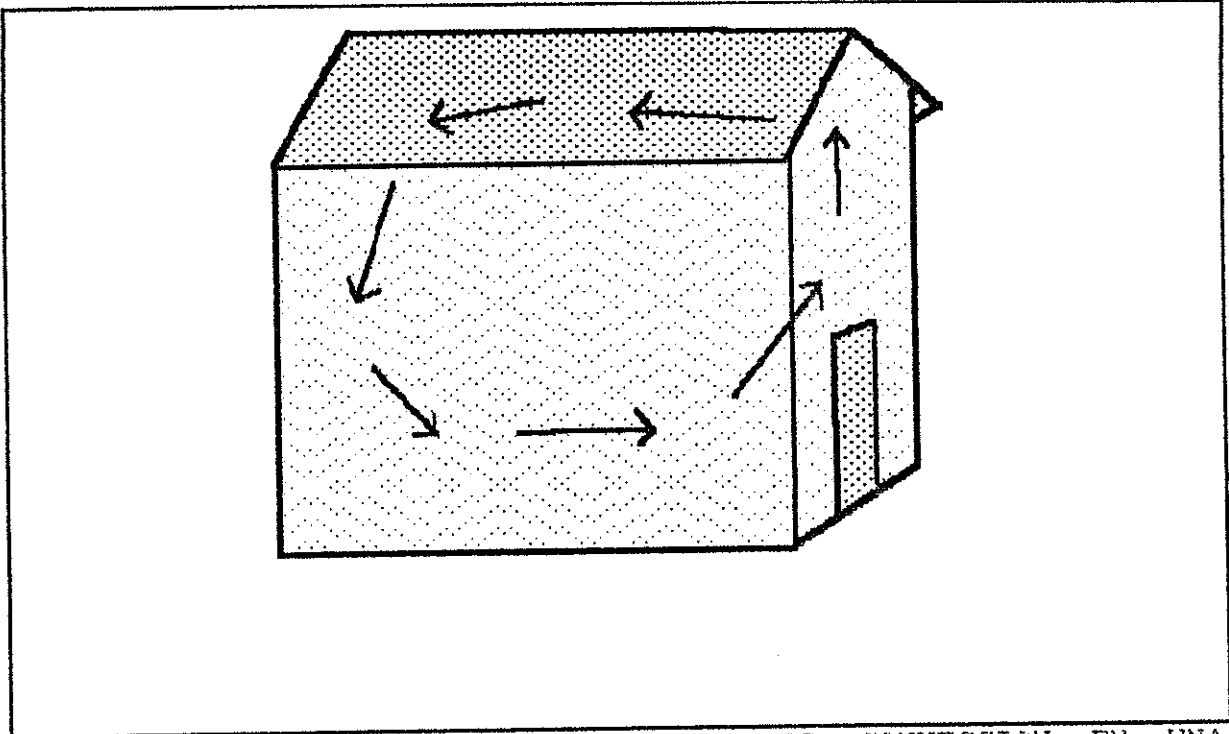


fig. 2.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCION EN UNA HABITACION

**CONDUCCIÓN:** transferencia de calor a través del contacto directo de un cuerpo con otro, o a través de la intervención de un conductor de calor mediador. Por ejemplo una varilla de cobre cuando una de sus terminales esta sobre el fuego.

En la siguiente página se puede apreciar una figura que muestra este tipo de transferencia de calor.

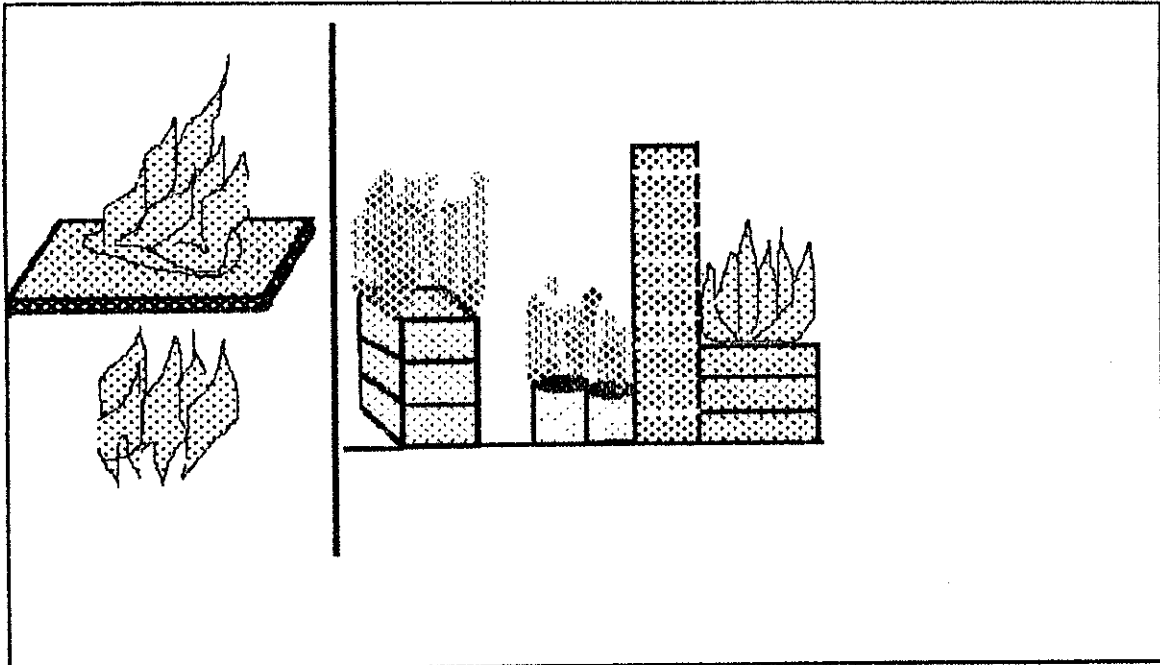


FIG. 2.3 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCION

**RADIACIÓN:** Transferencia de calor de un área a otra sin tener contacto directo con el área o sin ninguna circulación de gases calientes que laman el área calentada.

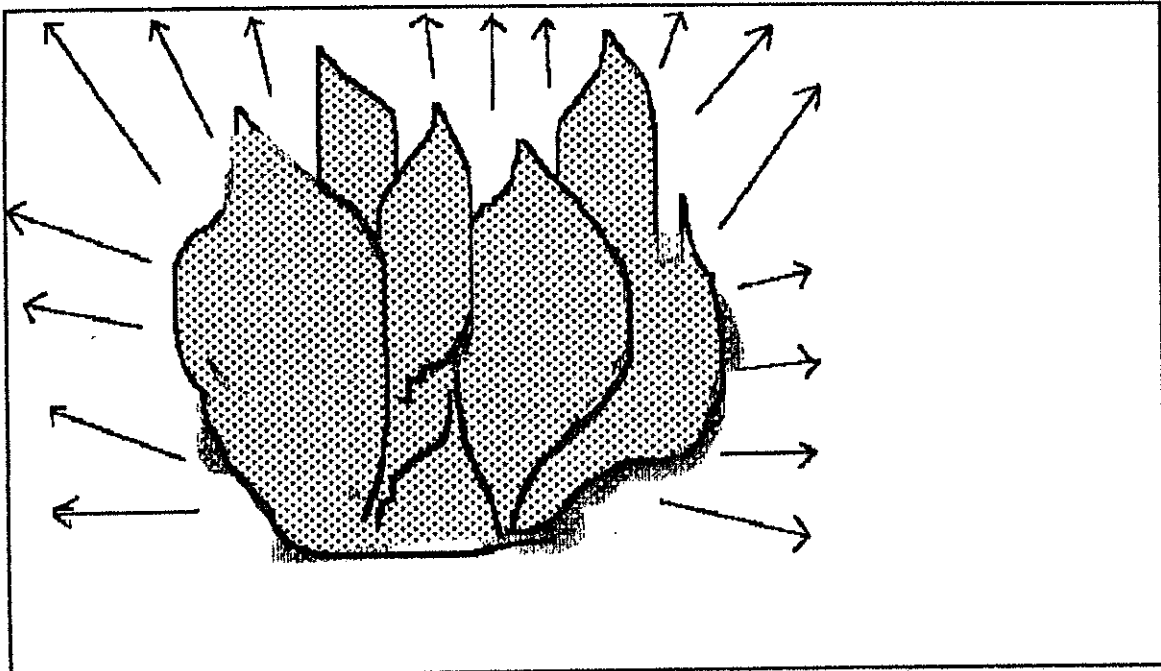


FIG. 2.4 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACION

La radiación depende de :

- Temperatura del emisor
- Area del emisor



- Distancia entre los cuerpos
- Características del receptor

"Ley de Stefan-Boltzmann": La emisión radiante por unidad de superficie de una superficie negra es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta ,  $q = E Q T^4$

$q$  = Emisión radiante por unidad de superficie.

$E$  = Factor de corrección de la capacidad de emisión superficial (en los materiales metálicos es aproximadamente 1)

$Q$  = Constante de proporcionalidad de Boltzmann es igual a

$5.67 \times 10^{-12}$  vatios/( $\text{cm}^2 * \text{k}^4$ )

$T$  = Temperatura absoluta expresada en grados kelvin.

Ejemplo : un calefactor funciona a 260 grados centígrados de la superficie exterior, hasta que punto aumentará la cantidad de calor irradiado si permitimos que la temperatura de la superficie exterior aumente en 100 grados centígrados, o que aumente en 240 grados centígrados o en un máximo de 500 grados centígrados ?

Primero hacemos la conversión a grados kelvin

260 grados centígrados es igual a  $260+273 = 533$  grados kelvin.

entonces,

$$\begin{aligned} q &= Q \times 533^4 \\ &= 5.67 \times 10^{-12} \times 533^4 \\ &= 0.46 \text{ vatios/cm}^2 \end{aligned}$$

Para 360 grados centígrados y 500 grados centígrados

$$q = Q(360+273)^4 = 0.91 \text{ vatios/cm}^2$$

$$q = Q(500+273)^4 \times 2.00 \text{ vatios/cm}^2$$

De lo cual se concluye que al aumentar 100 centígrados, duplicamos la emisión de 0.46 a 0.91. Si se aumentan otros 140 grados centígrados el resultado es 2.00 vatios/cm<sup>2</sup>

#### FOCOS DE IGNICION :

Las formas más comunes en que se presentan los focos de ignición son básicamente cuatro: química, eléctrica, mecánica y nuclear.

#### DE ORIGEN QUIMICO :

- Calor de combustión.
- Calentamiento espontáneo.
- Calor de descomposición.
- Calor de disolución.

**DETONACION :** es una reacción exotérmica caracterizada por la presencia de ondas de choque en el material que establece y mantiene la reacción. La zona de reacción se propaga a una velocidad mayor que la del sonido dentro del material sin reaccionar. La principal fuente de calor es el de la compresión por choque; el aumento de la temperatura se relaciona directamente con la intensidad de la onda expansiva en lugar de venir determinado por la conducción térmica; los distintos tipos de explosión son:

- Explosiones por deflagración o detonación de gases.
- Explosiones por deflagración de polvos.
- Explosiones por deflagración o detonación de materiales nebulizados.
- Explosiones por deflagración de vapores.
- Explosiones por liberación de calor.
- Explosiones por descomposición.
- Detonaciones nucleares.

**EXPLOSIONES POR DEFLAGRACION O DETONACION DE GASES:** una mezcla de aire y vapor inflamable sometido a ignición con el consiguiente aumento de la presión da como resultado la ruptura del envase; se puede afirmar entonces que ha existido una explosión.

**EXPLOSIONES POR DEFLAGRACION DE POLVOS:** la inflamación de polvos combustibles suspendidos en el aire es similar a las mezclas de gases inflamables, con la única diferencia de que las mezclas de aire y polvo combustible no suelen detonar. La detonación ocurre sólo en sitios confinados (ej. minas de carbón).

**EXPLOSIONES POR DEFLAGRACION DE MATERIALES NEBULIZADOS :** la deflagración de una niebla de pequeñas gotas de líquidos inflamables suspendidas en el aire; estas nieblas se forman de la condensación de vapores inflamables en el aire. La ignición de esta niebla puede dar por resultado deflagraciones violentas.

**EXPLOSIONES DE NUBES DE VAPORES :** la liberación accidental de grandes cantidades de vapores inflamables, como etileno, propano, ha originado grandes explosiones, con efectos combinados de deflagración y detonación.

**EXPLOSIONES POR LIBERACION DE PRESION :** las explosiones típicas se dan en calderas y depósitos de gas. Generalmente la presión que puede romper estos recipientes es 4 veces mayor a la que soportan en su uso normal.

**EXPLOSIONES POR DESCOMPOSICION :** ciertos compuestos endotérmicos pueden descomponerse casi instantáneamente. Los ejemplos típicos podrían ser las explosiones de acetileno, hidrógeno y ciertos metales.

**EXPLOSIONES NUCLEARES:** son la formación de diferentes núcleos atómicos por la redistribución de los protones y neutrones dentro de sus núcleos; esto se puede hacer por medio de dos procesos distintos: fisión y fusión.

### 2.3 Productos de combustión y sus efectos sobre la seguridad de las personas.

Entre los productos de la combustión se citan los siguientes:

- Gases de la combustión.
- Llamas
- Calor
- Humo

**GASES DE LA COMBUSTION :** la mayoría de los materiales combustibles tienen carbón durante el proceso del incendio; estos materiales liberan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y con mas frecuencia gases de monóxido de carbono (CO). Si hubiese suficiente oxígeno para completar la combustión, lo cual rara vez sucede, el gas liberado sería principalmente dióxido de carbono. Sin embargo, como la mayoría de las sustancias no se queman completamente, el principal producto de la combustión es el gas monóxido de carbono.

El monóxido se combina con la hemoglobina de la sangre, componente portador del oxígeno , con una facilidad 210 veces mayor a la del oxígeno.

En la siguiente tabla, se pueden apreciar los efectos que produce en monóxido en el cuerpo humano dependiendo del tiempo de exposición.

CONCENTRACION (ppm)	RESPUESTA
100	Exposición tolerada por varias horas
400-500	No se aprecian efectos especiales transcurrida una hora
600-700	Efectos especiales transcurrida una hora
1000-2000	Molestias transcurrida una hora
1500-2000	Peligroso al inhalarlo durante 1 hora
4000	Mortal al inhalarlo menos de 1 hora
10000	Mortal al inhalarlo durante 1 minuto

**TABLA 2.1 RESPUESTAS AL MONOXIDO DE CARBONO.**

**LLAMAS :** parte de la energía liberada en la combustión puede ser apreciada en las partes del espectro visible e infrarrojo, y se puede ver en forma de llama o energía luminosa.

**CALOR :** es el producto de la combustión más importante, ya que mantiene las condiciones para que prosigan las reacciones en cadena.

**HUMO :** el humo es producto de una combustión incompleta; los principales inconvenientes que produce son :

- Obstaculiza la visibilidad.
- Obstruye el sistema respiratorio.

En la siguiente figura se describe la anatomía de un fuego; en ella se pueden apreciar todos los productos de la combustión descritos anteriormente.

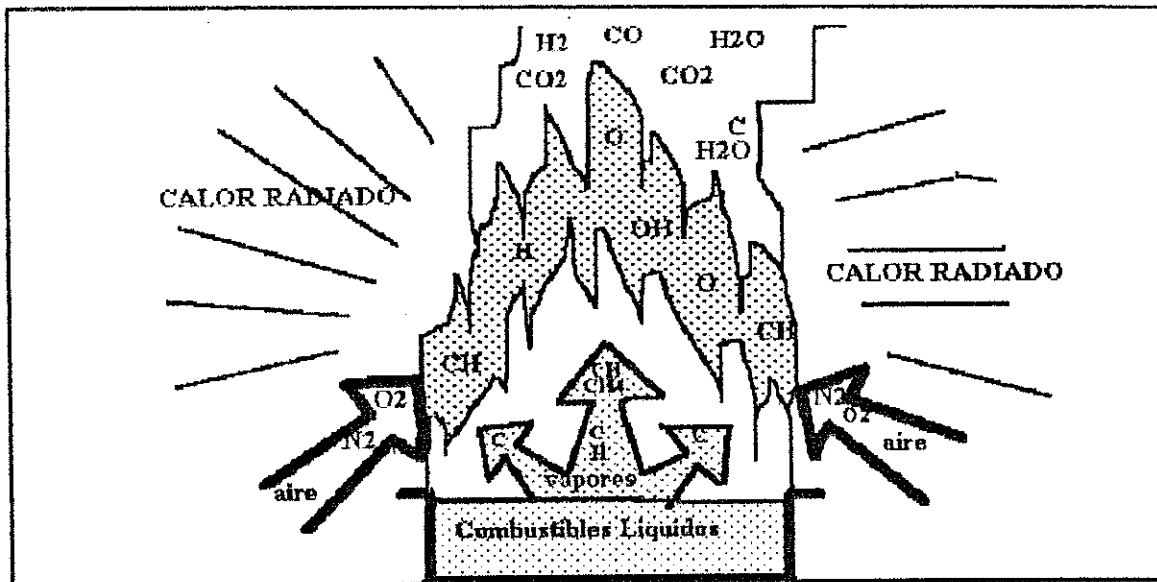


FIG. 2.5 ANATOMIA DEL FUEGO

#### 2.4 Teoría del fuego

**EL TRIANGULO DEL FUEGO:** para producirse el fuego, tienen que estar presentes tres elementos:

- Combustible en mayor o menor cantidad
- Calor hasta el punto de ignición
- Oxígeno mas o menos entre el 16% y 21%

Durante muchos años, estos tres elementos fueron combinados para formar una trilogía representada en un triángulo equilátero, cuyo cierre constituía las condiciones favorables para que existiera el fuego.

Sin embargo, muchos fenómenos que no podían ser completamente explicados, han encontrado fácil explicación en un cuarto factor denominado "Reacción en cadena libre sin inhibir". Es el caso de ciertos combustibles que arden a una velocidad mayor, cuando están sometidos a emanaciones radioactivas (ondas de calor).

También puede citarse como ejemplo de esta situación, la amplia gama de velocidades de llama entre los diferentes combustibles que van desde los alquitranes que queman a una velocidad baja, hasta las reacciones del hidrógeno y el oxígeno, que queman a alta velocidad dada su extraordinaria naturaleza explosiva.

**TETRAEDRO DEL FUEGO :** así como el cuerpo humano necesita aire, alimento, temperatura normal y un sistema circulatorio, así también el fuego necesita aire, combustible, temperatura de llama adecuada y un sistema de reacciones en cadena sin impedimentos. Es algo que podemos considerar como el "Metabolismo de la llama".

En la figura 2.6, se aprecia con mayor claridad el tetraedro del fuego.

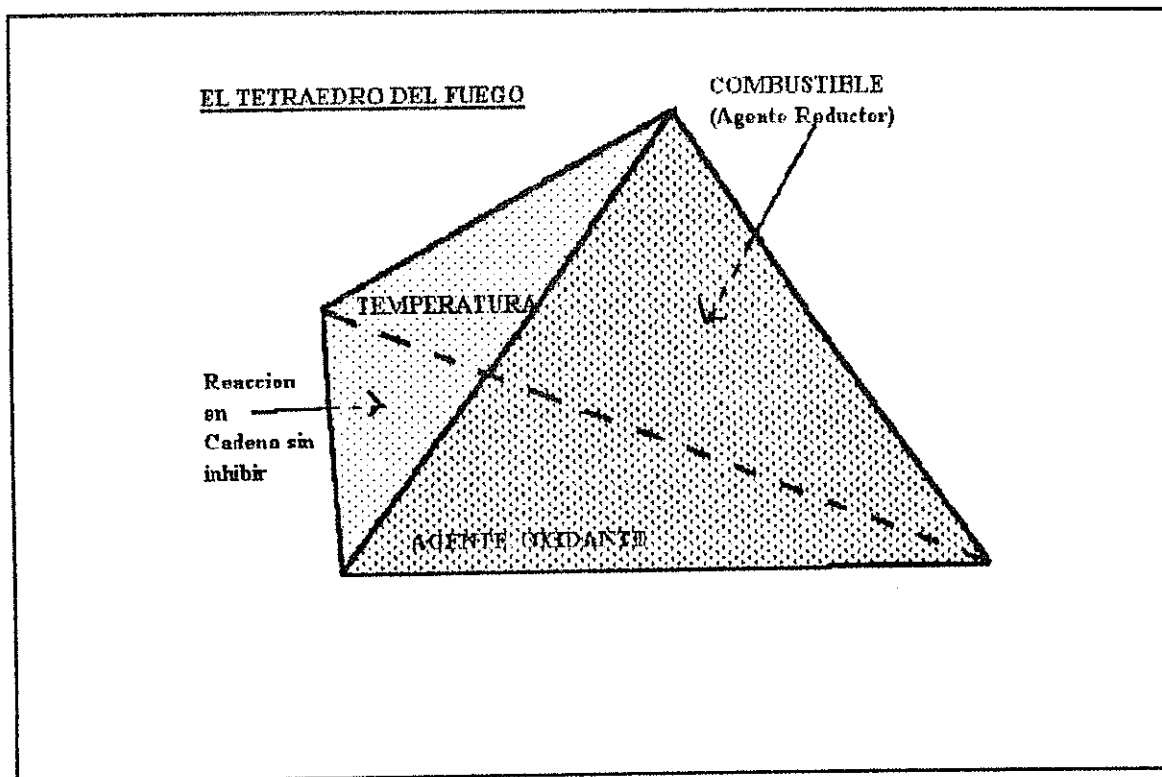


FIG. 2.6 EL TETRAEDRO DEL FUEGO

- La combustión continuada se logra con la temperatura de la llama.
- Combustible en forma de vapor y no de gas.

Por consiguiente, se propone una nueva representación que comprende las condiciones necesarias para tener fuego en forma de un tetraedro en el que cada uno de los cuatro elementos está directamente adyacente y en conexión con los otros tres. Al retirar uno o más de los cuatro elementos, hará que el tetraedro esté incompleto y por consiguiente el resultado será la extinción del fuego.

A continuación, se detallan estos cuatro elementos.

**COMBUSTIBLE** : es en sí un material que al ser oxidado se transforma en otro produciendo luz y calor. Hay sustancias que arden con más facilidad que otras; químicamente el combustible es un agente reductor porque reduce a un agente oxidante traspasándole electrones a este último.

**AGENTE OXIDANTE:** es un material que puede oxidar a un combustible (ente reductor) y al hacer esto se reduce a sí mismo. El proceso es aquel en que el agente oxidante obtiene electrones tomándolos del combustible o agente reductor. Fuera del oxígeno y ozono (libre) podemos citar como ejemplos el Peróxido de Hidrógeno; los halógenos como el Flúor , Bromo, Yodo ; los ácidos nítricos y sulfúricos concentrados. Algunos óxidos de metales como el óxido de manganeso o de plomo etc.

**REACCIONES EN CADENA:** son una serie de etapas sucesivas entre los átomos del

agente oxidante y el agente reductor. Una explosión atómica ocurre de la misma manera pero a niveles de energía extremadamente altos.

**TEMPERATURA:** la temperatura es una medida de intensidad y el calor es una medida de cantidad. Por ejemplo, al quemar una libra de gas propano puro se desprende una cierta cantidad de calor (21.646 Btu), la cual puede usarse para elevar la temperatura del agua.

#### CLASES DE FUEGO:

Existen diferentes clases de fuego, los cuales han sido clasificados en cuatro categorías así :

**FUEGO CLASE " A ":** a este grupo pertenecen todos aquellos fuegos que se presentan en materiales combustibles sólidos tales como maderas, papeles, basuras, textiles, carbón, caucho, plásticos etc.; la forma más común de combatirlos es bajando la temperatura con agua.

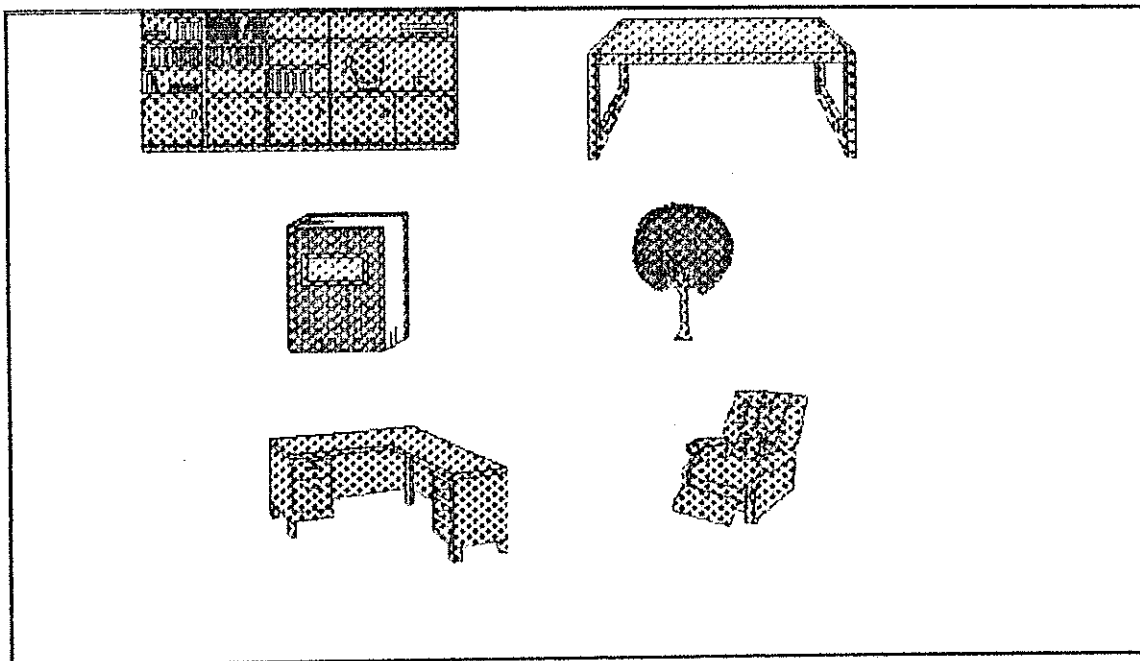


FIG. 2.7 MATERIALES FUEGO TIPO "A"

**FUEGOS CLASE "B":** es el producido por gases y líquidos inflamables, su extinción se lleva a cabo con la eliminación del oxígeno. En este tipo de incendios **NO SE DEBE USAR AGUA.**

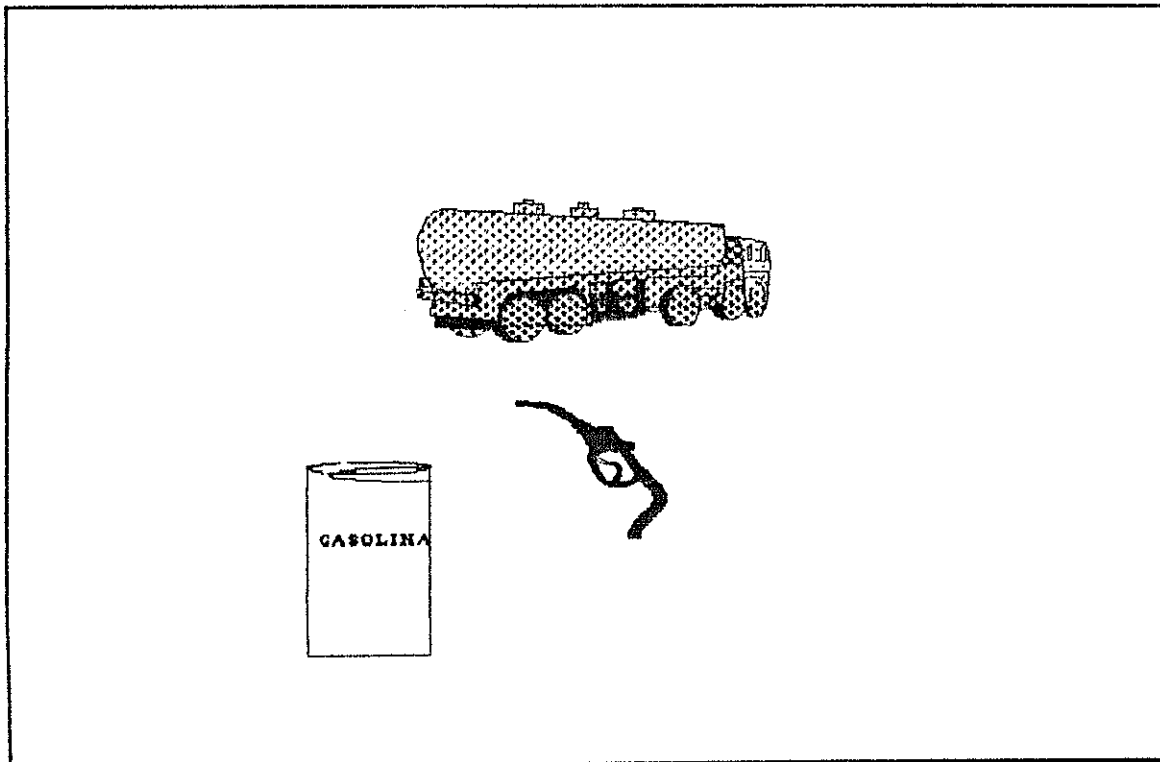


FIG. 2.8 MATERIALES FUEGO CLASE "B"

El agua por ser mas densa tiende a depositarse en el fondo de los tanques de combustible provocando derrames, lo que viene a formar hileras de fuego, las cuales se introducen en los desagues, y puede provocar daños mayores.

**FUEGO CLASE "C":** es el que se produce en equipos eléctricos "vivos" energizados, cables, cajas de fusibles y otros. Antes de intentar sofocar el incendio, es necesario cortar la electricidad; si esto no es posible hay que utilizar extintores de polvo químico seco o gas carbónico halon (este último no es amigo del ozono). Si la electricidad no es cortada, NO DEBE UTILIZARSE AGUA.

**FUEGO CLASE "D":** son fuegos que se presentan en metales combustibles tales como : Magnesio, sodio, potasio etc.

**EXTINCION :** Conociendo la teoría del fuego, se podría dar con exactitud las distintas formas de extinguir un incendio:

- Extinción por enfriamiento (eliminación del calor).
- Dilución o eliminación del oxígeno.
- Remoción o aislamiento del combustible.

**ELIMINACION DEL CALOR:** generalmente se usa agua o alguna substancia que absorba el calor, ya que este se elimina mediante el enfriamiento.

**ELIMINANDO EL OXIGENO:** este se elimina mediante la **ASFIXIA** y puede usarse polvo químico seco, CO<sub>2</sub>, Espumas, Halon, Arena, Cobijas. El fuego se apaga

interponiendo algunas de estas sustancias entre el material en combustión y el oxígeno.

**ELIMINANDO EL MATERIAL COMBUSTIBLE:** la simple remoción del material combustible bastará también para la extinción del oxígeno.

## 2.5 Movimiento de los humos en el interior de edificios

El humo siempre tenderá a subir en un edificio, debido a que es menos denso que el aire; cuando se encuentra con algún obstáculo entonces se desplaza hacia los lados.

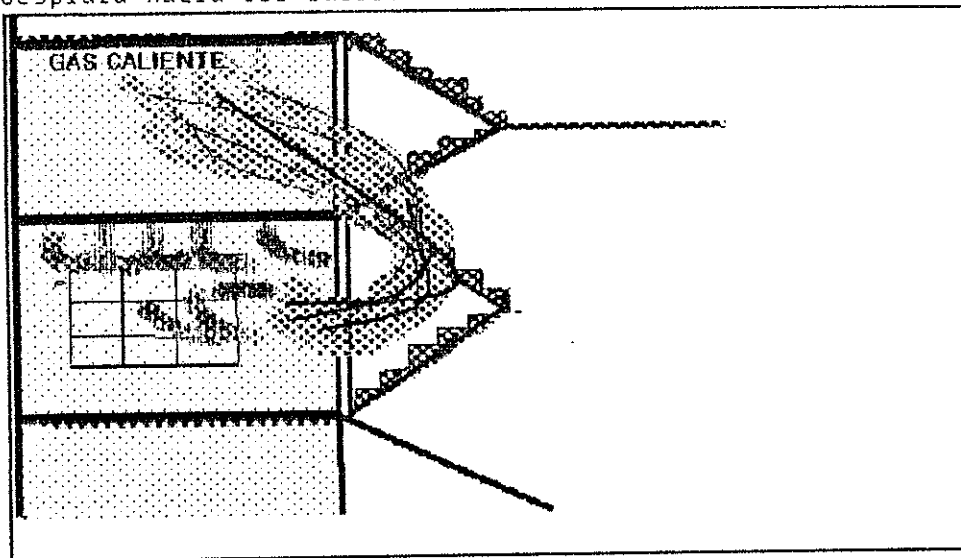


FIG. 2.9 MOVIMIENTO DEL HUMO EN EDIFICIOS

## CAPITULO 3

### RIESGOS DE INCENDIO DE MATERIALES Y PROCESOS EN LA INDUSTRIA

En este capítulo, se dan a conocer los riesgos de incendio de los materiales, y se muestran sus características.

#### 3.1 Identificación de los riesgos de los materiales

Los niveles de riesgo se establecen en cuatro niveles, a saber:

a) **Materiales extremadamente peligrosos:** entre ellos se cuentan los explosivos, materiales inestables, materiales radioactivos, gases muy inflamables, materias extremadamente tóxicas y materiales extremadamente corrosivos.

b) **Materiales peligrosos:** aquellos que por sus efectos nocivos pueden causar lesiones por exposición o contacto que tardan cierto tiempo en curar como por ejemplo: líquidos y sólidos inflamables, materiales muy tóxicos que pueden causar lesión o enfermedades, pero no la muerte, y los materiales moderadamente radiactivos.



c) **Materias menos peligrosas:** pueden causar una lesión temporal como por ejemplo: gases lagrimógenos, irritantes fuertes, materias no extremadamente tóxicas y los materiales combustibles que necesitan precalentamiento para entrar en ignición.

d) **Materiales de efectos molestos:** pueden causar incomodidad o una pequeña irritación mientras dure la exposición, y son ligeramente combustibles.

### 3.2 La madera

La madera es el material combustible más encontrado en incendios; puede entrar en ignición, carbonizarse, quemarse y arder en forma de rescoldos.

La composición química de la madera seca en porcentaje de componentes en peso es el siguiente.

COMPOSICION QUIMICA	PORCENTAJE
CARBONO	50.16 %
HIDROGENO	6.02 %
OXIGENO	43.26 %
NITROGENO	0.09 %
CENIZAS	0.37 %

**TABLA 3.1 COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA EN PORCENTAJE DE COMPONENTES EN PESO.**

La temperatura de autoignición de la madera es de aproximadamente 192 grados centígrados, sin embargo, esta temperatura varía de acuerdo con:

- Peso específico
- Dimensiones y forma
- Humedad
- Periodo de calentamiento
- Naturaleza de la fuente de calor
- Suministro de aire

### 3.3. FIBRAS Y TEXTILES

Los textiles, al igual que la madera, son combustibles omnipresentes en la mayoría de incendios, los sillones, tapicería, vestidos, ropa en general; las alfombras son algunos de ellos.

Los textiles los podemos catalogar de la siguiente manera:

- Fibras textiles sintéticas
- Fibras textiles no combustibles y
- Textiles de combustión lenta

**FIBRAS TEXTILES SINTETICAS:** las características de combustión de estas fibras

se aprecian en la tabla siguiente:

RESINA	CARACTERISTICAS DE COMBUSTION
Nylon	Sostiene la combustión continuada con dificultad, punto de fusión 160-260 grados centígrados, ignición 425 grados centígrados o superior.
Polyester	Arde fácilmente, temperatura de ignición 450-485 grados centígrados; se ablanda entre 256-292 grados centígrados y gotea.
Acrílico	temperatura de ignición 560 grados centígrados; se ablanda a 235-330 grados centígrados.
Fluorocarbono	(Teflon) no mantiene combustión, se ablanda por encima de los 327 grados centígrados, temperatura de ignición es 600 grados centígrados.
Caucho	Arde
Acetato	Se consume y funde antes de producir llama, temperatura de ignición es 475 grados centígrados

TABLA 3.2 CARACTERISTICAS DE COMBUSTION DE LAS FIBRAS TEXTILES SINTETICAS.

**FIBRAS TEXTILES NO COMBUSTIBLES:** todos los textiles confeccionados con materiales inorgánicos, entran dentro de los materiales no combustibles.

**TEXTILES DE COMBUSTION LENTA:** las resinas de este grupo, generalmente son las que se encuentran en el vestido: poliamidas aromáticas, polibencimidazoles, polioxadiazoles, poliamidas, polidihidrodióxido, fenólico, poliamidas modificadas.

### 3.4. Líquidos combustibles e inflamables:

La National Fire Protection Association ha hecho varias clasificaciones para determinar el nivel de riesgo de los líquidos. Para ello, se toma en cuenta la siguiente clasificación:

CLASIFICACION	GRADOS FARENHEIT	GRADOS CENTIGRADOS
I	menos de 100 grados	menos de 37.8 grados
II	entre 100 y 140 grados	entre 37.8 y 60 grados
III	más de 140 grados	más de 60 grados

TABLA 3.3 CLASIFICACION DE LOS LIQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES DE ACUERDO AL PUNTO DE INFLAMACION.

**LIQUIDOS INFLAMABLES:** son todos los líquidos inflamables que tienen puntos de

inflamación por debajo de los 37.8 grados centígrados, pertenecen a la clase I; las presiones de vapor de estos líquidos no exceden los 40 PSI. Estos a su vez se subdividen así:

- **CLASE IA:** temperatura de ebullición por debajo de los 37.8 grados centígrados y punto de inflamación por debajo de los 22.8 grados centígrados.
- **CLASE IB:** temperatura de ebullición arriba de 37.8 grados centígrados y punto de inflamación por debajo de los 22.8 grados centígrados.
- **CLASE IC:** temperatura de ebullición por debajo de los 37.8 grados centígrados y punto de inflamación superior o igual a 22.8 grados centígrados.

**COMBUSTIBLES:** todos los líquidos con punto de inflamación igual o superior a los 37.8 grados centígrados reciben el nombre de líquidos combustibles.

**PELIGROS DE LOS LÍQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES:** los líquidos combustibles e inflamables son factores que contribuyen a la propagación de un incendio; la causa real de éstos es la fuente de ignición que los origina. Lo que arde o hace explosión son los vapores del líquido.

Los siguientes principios son los que se deben utilizar para la prevención de incendios.

- a) Eliminación de las fuentes de ignición
- b) Eliminación del aire
- c) Mantener los líquidos inflamables en recipientes cerrados.
- d) Ventilación adecuada de las bodegas y edificios en los cuales se encuentren almacenados.

### 3.5. Gases

Todas las sustancias pueden adoptar la forma gaseosa, sin embargo, nosotros entenderemos como gas aquel que se encuentra a temperatura normal (23 grados centígrados) y a presiones normales, aproximadamente de 1 atmósfera. Los gases se clasifican de acuerdo con las siguientes propiedades físicas:

- **GASES INFLAMABLES:** es todo aquel gas que puede arder en concentraciones normales de oxígeno en el aire.
- **GASES NO INFLAMABLES:** son los que no arden en ninguna concentración de aire u oxígeno.
- **GASES REACTIVOS:** son aquellos que al entrar en contacto con otras sustancias o con ellos mismos, que en determinadas situaciones producen reacciones violentas, liberando cantidades de calor potencialmente peligrosas.

**RIESGOS DE LOS GASES:** los riesgos principales están dados en las fugas de gas de los recipientes contenedores, así como el riesgo específico de un gas al

permanecer encerrado en un recipiente. El calentamiento afecta de una forma distinta a los gases comprimidos y a los licuados, en los comprimidos el gas se expande al aumentar la temperatura, lo que puede provocar la rotura del recipiente, el escape del gas o los dos fenómenos al mismo tiempo. En los gases licuados, la reacción se divide en tres partes: primero la fase gaseosa experimente la misma expansión, segundo: el líquido tiende a dilatarse comprimiendo más el vapor, y tercero: la presión del líquido aumenta al aumentar la temperatura.

#### **SECUENCIA DE LAS EXPLOSIONES POR COMBUSTION:**

- a) El gas inflamable o su fase líquida escapan de un recipiente o tubería etc. Al escapar el líquido se evapora.
- b) El gas se mezcla con el aire
- c) En ciertas proporciones de gas y aire la mezcla arderá.
- d) Una vez iniciada la ignición, se generarán grandes cantidades de calor.
- e) El calor es absorbido por todos los materiales próximos.
- f) Casi todas las materias se dilatan cuando absorben calor; la materia que más se expande en la cercanía de una llama o en contacto con los gases de la combustión es el aire.
- g) Cuando el aire no puede expandirse debido a que se encuentran limitado por ejemplo por una habitación, el resultado es el aumento de la presión dentro de la misma.
- h) Si la habitación no es estructuralmente fuerte, no podrá soportar la presión y cederá en algún punto, y originará una explosión por combustión.

**CONTROL DE EMERGENCIAS CON INCENDIO:** En caso de incendio es necesario alejar los recipientes contenedores de gases lo más posible del siniestro; si esto no es posible, la protección con agua para la reducción del calor en el ambiente es lo más recomendado, mientras tanto se elimina el foco de ignición del incendio o se combate con éxito el mismo. La aplicación del agua puede ser por medio de chorros aplicados con mangueras, agua pulverizada o por medio de sprinklers (rociadores); para la aplicación de cualquiera de estos métodos es necesario analizar con antelación los principales riesgos de su aplicación que dependerá de la situación imperante.

### **3.6. Productos químicos**

Se verán aquí los tipos de químicos más comunes que se encuentran en la industria, sin embargo, cabe recordar que ésta es una rama de la industria que avanza a pasos agigantados; es por esto que el presente trabajo no describe todos los químicos utilizados, sin embargo, sí se tratan los más importantes de la década.

De acuerdo con peligrosidad, los productos químicos se clasifican como

siguen:

**PRODUCTOS QUIMICOS OXIDANTES:** la mayoría de los productos químicos oxidantes no son combustibles ayudan a facilitar la ignición de otros materiales que si lo sean, e incrementan de este modo la intensidad del fuego; entre estos podemos encontrar:

- Nitratos
- Nitritos
- Peróxidos inorgánicos
- Cloratos
- Percloratos
- Permanganatos
- Persulfatos

**PRODUCTOS QUIMICOS COMBUSTIBLES**

- Negro de carbón
- Negro de humo
- Sulfocianato de plomo
- Nitroanilina
- Nitroclorobenceno
- Sulfuros
- Azufre
- Naftalina

**PRODUCTOS QUIMICOS INESTABLES:** algunos productos químicos reaccionan con ayuda de catalizadores e incluso ellos mismos, y ocasionan reacciones realmente violentas en algunos casos; entre éstos están los siguientes :

- Acetaldehido
- Oxido de etileno
- Cianuro de hidrógeno
- Acrilato de metilo
- Metacrilato de metilo
- Nitrometano
- Peróxidos orgánicos
- Peróxido de benzoilo
- Peróxido de éter
- Estireno
- Cloruro de vinilo
- Cloruro de vinilideno

**PRODUCTOS QUIMICOS QUE REACCIONAN CON EL AIRE Y EL AGUA:** estos productos son aquellos que al entrar en contacto con el aire o con el agua liberan cantidades importantes de calor, y favorecen así la ignición de otros materiales e incluso ellos mismos.

- Alcalis o productos cáusticos
- Compuestos trialquílicos de aluminio
- Anhídridos
- Carburos
- Carbón vegetal
- Carbón

- Hidruros
- Oxidos
- Fósforo
- Sodio
- Hidrosulfito de sodio.

**PRODUCTOS QUÍMICOS CORROSIVOS:** algunos de éstos son también oxidantes y otros como los cáusticos son corrosivos y ya en contacto con la piel o al ingerirlos son dañinos para la salud, entre los productos químicos corrosivos podemos citar los siguientes:

- Acidos inorgánicos
- Bromo
- Cloro
- Flúor
- Yodo

### 3.7. Explosivos y agentes detonantes

La dinamita, la nitroglicerina, la azida de plomo, el fulminato de mercurio, la pólvora negra y los fulminantes constituyen algunos de los mas conocidos materiales explosivos en nuestro país.

**PROTECCION CONTRA EL FUEGO:** la única protección que puede existir es la eliminación de los focos de fuego, así como un exhaustivo control para evitar que el trabajador confiado cometa alguna imprudencia; una perfecta señalización donde se dé a conocer la ubicación de los materiales, procedimientos para su manejo, así como la prohibición de fumar en el área es de suma importancia para evitar cualquier catástrofe.

**LUCHA CONTRA EL INCENDIO DE EXPLOSIVOS:** cuando se trata de detonantes, deben de cumplirse las siguientes normas :

- a) El fuego es incipiente.
- b) Los detonantes no se encuentran confinados.

Si se cumple esto, se deberán de aplicar grandes cantidades de agua para bajar la temperatura. Es importante hacer notar que si esto no se cumple o el incendio es directamente en un área de almacenaje de explosivos lo que se debe hacer es evacuar el área; se recomienda para esto un perimetro de 600 metros.

### 3.8. Plásticos

Todos los plásticos son combustibles, además, por la diversificación que esta industria está sufriendo, es imposible hacer un desglose de cada uno de ellos, sin embargo, los incendios con plásticos, por su composición química, necesitan un trato especial.

**LUCHA CONTRA INCENDIOS EN PLASTICOS:** todos los incendios de plásticos con excepción del nitrato de celulosa deben de ser combatidos de la misma manera que se combate un incendio del tipo A (madera), cuando un plástico se quema generalmente se funde, y las gotas que desprende pueden volver a iniciar la

ignición en otro punto; por eso se recomienda no atacar directamente el fuego con el agua, sino más bien dirigir el chorro de agua a enfriar el plástico cercano al fuego.

**TOXICIDAD:** algunos plásticos como el cloruro de polivinilo o productos de reencauche elaborados a base de sulfuro de etileno, al quemarse generan cloruro de hidrógeno o dióxido de azufre, los cuales son muy irritantes y obligan a una rápida evacuación para evitar intoxicaciones; además, como estos materiales son corrosivos es necesario lavar o ventilar los metales y los materiales eléctricos una vez sofocado el incendio.

**NITRATO DE CELULOSA:** es el más peligroso de todos los plásticos, además cuando es sometido a altas temperaturas sufre deformación y es un riesgo potencial aun después de un incendio, ya que estos plásticos deformados pueden sufrir combustión espontánea, incluso sin haber motivo aparente para ésta, y por si fuera poco al estar en combustión generan óxidos de nitrógeno; estos óxidos ocasionan efectos retardados en las personas, y pueden fallecer incluso varios días después de la exposición sin ofrecer síntomas inmediatos después de la exposición. Es recomendado para el ataque de incendios de esta clase que existan rociadores en el área; si esto no es posible, se pueden utilizar chorros de agua, los cuales deberán de estar dirigidos con fuerza hacia el fuego, además los bomberos o el personal que ataque el fuego deberá estar a favor del viento para evitar intoxicaciones, es recomendable utilizar protección respiratoria).

### 3.9. Polvos

Todos los polvos son combustibles, sin embargo, algunos tienen puntos de inflamación e índices de explosividad más bajo que otros.

**PREVENCIÓN DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES:** Cuando un polvo se encuentra fuera de control en el trabajo, es decir, cuando existe polvo sobre el piso, sobre las máquinas y sobre todo cubre el ambiente; si se da este caso, existe un alto riesgo de explosión y ésta puede ser originada por una alta fuente de ignición: el resultado son explosiones en cadena en los lugares en los cuales el polvo esté presente; por eso se recomiendan las siguientes reglas :

- a) Verificar que todas las tuberías estén perfectamente selladas.
- b) Todas las fuentes de polvo al exterior deberán estar selladas.
- c) De no ser posible el inciso B, es necesario colocar extractores de polvo en el área de trabajo.
- d) Una limpieza adecuada es la mejor forma de evitar cualquier tipo de incidente.

### 3.10. Metales

Metales como el magnesio, plutonio, uranio, tonio, zinc, circonio, hafnio, litio, calcio, potasio sodio y titanio se denominan metales combustibles por su facilidad de ignición cuando se encuentran en partículas

pequeñas, fundidos y en láminas muy delgadas, sin embargo, si se encuentran constituidos en formas sólidas es muy difícil que se incendien.

Otros que no se consideran combustibles como el hierro, aluminio y acero pueden entrar en ignición si se presentan en forma de virutas muy delgadas y perfectamente limpias.

### 3.11. Algunos procesos de alto riesgo

Entre los procesos de más alto riesgo se pueden citar los siguientes:

- Calderas.
- Motores de combustión estacionarios.
- Sistemas de transferencia de calor.
- Sistemas de energía mediante fluidos.
- Equipos industriales de utilización de calor.
- Secaderos de madera.
- Deshidratadores y secadores.
- Temple de aceite.
- Procesos de inmersión y recubrimiento.
- Soldadura y corte.
- Equipos para procesos químicos industriales.
- Sistemas de refrigeración.

### 3.12. Prevención de incendios en materiales de alto riesgo de combustión espontánea.

A continuación se pueden encontrar una tabla en la cual se describen los materiales de más ALTO riesgo de combustión espontánea:

#### ACEITE DE HIGADO DE BACALAO:

Evitar el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias combustibles fibrosas, debido a que las materias orgánicas impregnadas son muy peligrosas.

#### ACEITE DE LINAZA:

Evitar el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón y otras materias combustibles fibrosas; los trapos o telas impregnadas son muy peligrosos. Hay que guardarlos en recipientes de metal.

#### ACEITE DE PESCADO:

Evitar el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón y otras materias combustibles fibrosas, los trapos o telas impregnadas pueden entrar en combustión si no se ventilan.

#### CARBON VEGETAL:

Debe mantenerse seco y ventilado.

#### DESECHOS DE PESCADO:

Evitar humedades extremas.

#### CASCARA ROJA DE MANI:

Es la cáscara que se encuentra entre el maní y su cubierta, no debe almacenarse en lugares sin ventilación.



<p><b>HARINA DE ALFALFA:</b> Evitar la humedad extrema, además, deberá ser transportada en contenedores cerrados.</p>
<p><b>HARINA DE PESCADO:</b> El contenido de humedad deberá estar entre el 6% y el 12%, y debe evitarse la exposición al calor.</p>
<p><b>PRENDAS DE VESTIR PARAFINADAS:</b> Deben estar completamente secas antes de ser empaquetadas, es peligroso si se almacenan húmedas en grupos calientes sin ventilación.</p>
<p><b>SEDA ACEITADA:</b> Es posible la combustión si se almacena húmedo y caliente.</p>
<p><b>TELAS ACEITADAS:</b> Deberán estar perfectamente secas; es recomendable una buena ventilación.</p>

TABLA 3.4 MATERIALES DE ALTO RIESGO.

#### CAPITULO 4 PELIGROS PARA LA VIDA HUMANA EN EDIFICIOS

En este capítulo, se tratará acerca del factor humano en caso de siniestros, así como las reglas elementales para el diseño de salidas de emergencia; por último se darán también reglas básicas para la elaboración de un plan de evacuación.

##### 4.1. Elementos de seguridad humana

Cuando surge un incendio, los siguientes factores entran en juego: Tiempo de detección del incendio, los equipos con que se cuenta para el ataque de la emergencia y la posibilidad de alejar a las personas rápidamente del área; esto último se logra tomando en cuenta lo siguiente:

- a) **Edad:** generalmente en un incendio las víctimas más frecuentes son las personas de muy corta edad y las personas ancianas.
- b) **Movilidad:** en cierta forma esto también es función de la edad, sin embargo, existen otros tipos de limitaciones como por ejemplo; personas incapacitadas en hospitales, personas detenidas en centros penitenciarios, incapacitados en sillas de ruedas etc.
- c) **Percepción:** se refiere al nivel de percepción que tendrán las personas del área analizada, por ejemplo, si ellas están despiertas o dormidas, talves el ambiente de trabajo no permite escuchar ni sentir situaciones anormales
- d) **Conocimiento:** éste se refiere al nivel de capacitación que posee una persona.
- e) **Densidad de población:** es necesario conocer el número de personas existentes en un área determinada; no hay que olvidar que cuánto más grande

sea el número de personas en un área, mayor será el peligro.

f) **Control de los ocupantes:** la posibilidad de control de las personas en un área determinada constituye uno de los factores mas importantes, ya que la posibilidad de poder controlar a un grupo de personas en una emergencia facilitará la tarea de evacuación del área.

Los factores anteriormente mencionados deberán tomarse en cuenta para la elaboración de un plan de evacuación en caso de siniestros.

#### 4.2. Conceptos para el diseño de salidas de emergencia

Las medidas físicas del cuerpo se relacionan con el diseño y capacidad de los pasillos; hay que tomar en cuenta, además, la tendencia de las personas a evitar el contacto directo con el cuerpo de otras personas; esto sirve para determinar la cantidad de personas que pueden permanecer de pie en una misma área al mismo tiempo.

El ancho promedio a nivel de los hombros de las personas es de 53 centímetros. Se toma el criterio de la elipse humana para realizar el diseño de los sistemas de evacuación pedestre. El eje mayor de la elipse mide 61 centímetros y el menor mide 46 centímetros esto nos lleva a un área de 0.2 metros cuadrados, que puede servir de base de cálculo de un local con personas que permanecen de pie.

En la figura puede apreciar la elipse con sus correspondientes medidas.

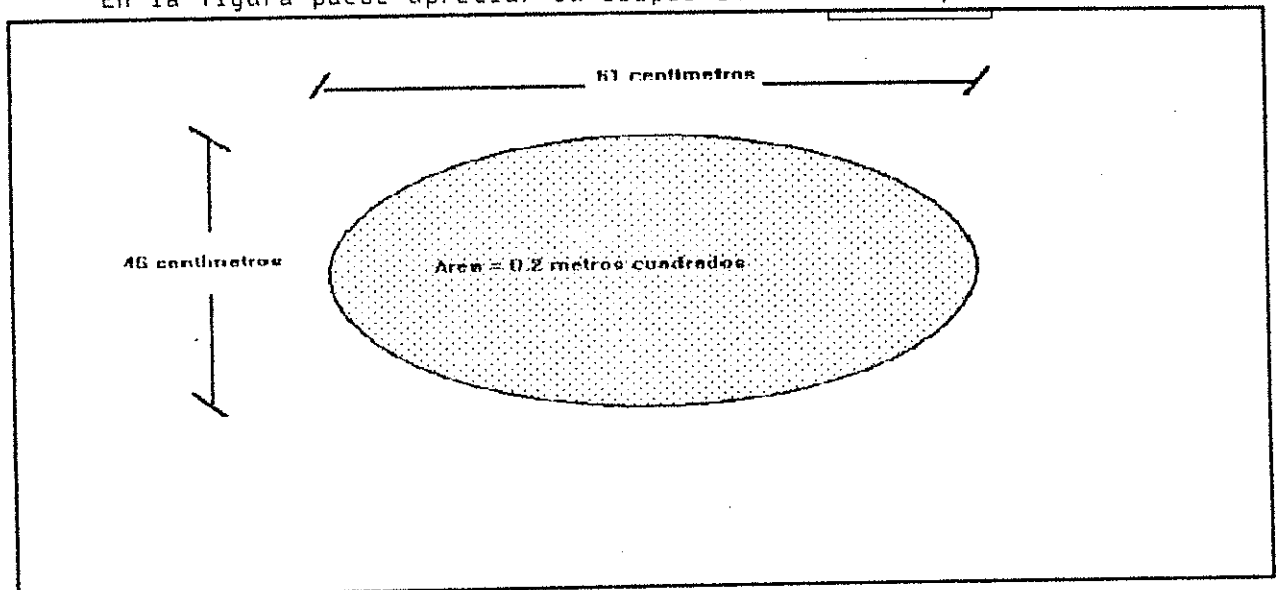


Figura 4.1 ELIPSE HUMANA

Cuando una persona camina se balancea de izquierda a derecha aproximadamente 4 centímetros, sin embargo, en situaciones como una evacuación en la cual la persona intenta abrirse paso, el balanceo alcanza los 10 centímetros con un margen de seguridad, si se toma un ancho de hombros

promedio de 56 centímetros, se tiene entonces una anchura de 76 centímetros para permitir el paso de una fila de peatones; esto equivale más o menos a 0.3 metros cuadrados por persona.

Queda definido pues que 0.3 metros cuadrados por persona es el área mínima aceptada. Por supuesto que estos parámetros no son válidos en lugares donde se encuentran niños, ancianos, personas enfermas y otros que por sus condiciones físicas no les es posible movilizarse a la misma velocidad de las personas normales.

Las curvas, esquinas y pendientes "ligeras", hasta un 6 por ciento más o menos no afectan el caudal de las personas, la velocidad disminuye levemente, sin embargo ésta es compensada por un pequeño incremento en la densidad. Además, agregar un pasamanos en corredores horizontales para el paso paralelo disminuye la velocidad de las personas. En un estudio realizado se determinó que un pasamanos central en una escalera de 1.8 metros de ancho disminuyó el caudal de 130 a 105 personas por minuto.

Pauls en su libro "Movement of people in building evacuations", determinó que la velocidad de bajada máxima en edificios de gran altura necesita aproximadamente 0.4 o 0.5 metros cuadrados por persona.

A continuación, se puede apreciar en la figura de abajo el efecto que produce densidad de las personas al transitar por corredores horizontales, así como afecta la densidad en la velocidad de bajada por escaleras en los edificios de gran altura.

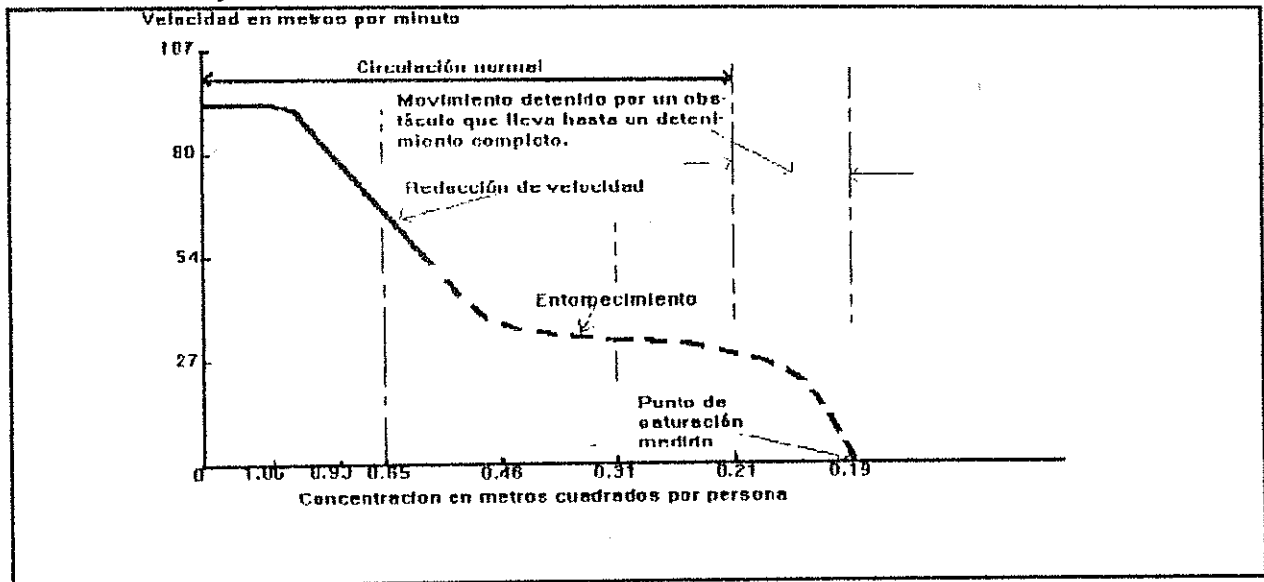


Figura 4.2 VELOCIDAD EN PASILLOS HORIZONTALES ("investigación No. 95 London Transport Board")

**CALCULO DE ANCHURA DE SALIDAS:** se utilizan dos métodos básicos para el cálculo de la anchura de las salidas:

a) **El método del caudal:** este establece un periodo de tiempo máximo para la evacuación de un edificio, tomando como base 60 personas por minuto y por unidad de salida de 56 cm. (esta medida es la base para el cálculo del ancho requerido). Este método se utiliza generalmente en edificios de concurrencia pública, como por ejemplo: teatros, cines etc.; para edificios en los cuales viven personas minusválidas, se recomienda un ancho de salida de 81 cm.

b) **El método de la capacidad:** cuando un edificio posee puertas contra incendios capaces de detener cualquier incendio, es posible entonces diseñar escaleras que alberguen al total de la población del edificio, esperando luego a una evacuación más lenta y segura.

Claro está que el solo conocimiento de la densidad, el caudal y la capacidad no es suficiente, ya que además debemos considerar otros aspectos importantes, como por ejemplo: Seguridad de los pasillos, la señalización de las vías de escape y otros.

#### OTROS ASPECTOS IMPORTANTES A CONSIDERAR:

a) **La zona de acceso a la salida:** está constituido por todo el recorrido necesario para llegar a la puerta de salida. Existen ocasiones en las cuales además del corredor principal de salida, hay otros corredores alternos, los cuales tienden a confundir a las personas en el momento de una evacuación, y las dejó muchas veces atrapadas entre las llamas; a estos corredores alternos se les denomina "zonas muertas".

Es ilógico pensar que en el diseño de un edificio se eliminen estas zonas muertas, sin embargo, la NFPA en su código de seguridad humana nos da los siguientes lineamientos acerca de recorridos máximos promedio y zonas muertas.

INSTALACION	ZONA MUERTA (METROS)	LIMITE RECORRIDO A LA SALIDA SIN ROCIADORES (METROS)	LIMITE RECORRIDO A LA SALIDA CON ROCIADORES (METROS)
Local de reuniones	6	45	60
Enseñanza	6	45	60
Hospitales	9	30	45
Hoteles	10	30	45
Apartamentos	10	30	45
Dormitorios	0	30	45
Industrial	15	30	45
Almacén peligro medio	--	60	120
Almacén peligro alto	0	23	30

**TABLA 4.1 REQUISITOS DEL CODIGO DE SEGURIDAD HUMANA PARA LAS DISTANCIAS, A RECORRER HASTA LAS SALIDAS.**

**EVALUACION DINAMICA DEL DISEÑO:** la meta para el tiempo de evacuación es una base importante en el diseño de la salida; para esto se muestran algunas metas en términos de tiempo tomadas por "General Services Administration of USA" (GSA):

- a) Todos los ocupantes amenazados por un incendio han de ser evacuados hasta una zona segura dentro de un intervalo de 90 segundos desde la alarma.
- b) Parte de este tiempo que no exceda de 15 segundos, puede suponer un movimiento en dirección al fuego (zona muerta).
- c) Todos los ocupantes de un edificio han de alcanzar una zona de refugio en un máximo de 5 minutos en el caso de un desplazamiento vertical descendente y 1 minuto de desplazamiento ascendente.  
El cansancio se considera un factor que afecta después de 5 minutos de descenso o 1 minuto de ascenso.
- d) Otros criterios de GSA son: 1.05 metros por segundo como velocidad horizontal de desplazamiento. El caudal para este mismo desplazamiento se calcula en 60 personas por minuto por cada 61 centímetros de anchura de salida, 45 personas por minuto en bajada de escaleras y 40 personas por minuto en subida.

La siguiente fórmula estima el tiempo necesario para la evacuación completa por las escaleras:

$$T = \frac{(N + n)}{(r * u)} \quad \text{de donde:}$$

- T = Tiempo total para la evacuación completa por las escaleras.
- N = Número de personas en el edificio por encima del primer piso.
- n = Número de personas que pueden encontrarse en las escaleras a razón de 0.3 metros cuadrados por persona, o número de personas en la planta (se utiliza el menor).
- r = Caudal de descarga de las escaleras en personas por unidad de anchura de salida y por minuto.
- u = Número de unidades de escaleras de salida de 56 centímetros de ancho.

Despejando "u" obtendremos el dato deseado, para el cálculo exacto de N también se recomienda hacer la medición del tiempo que tarda la persona más alejada para llegar a la salida de emergencia.

Es recomendable analizar el tipo de personas que intervendrán en la evacuación, así como practicar varias veces los tiempos de recorrido de las persona más lejana al lugar de reunión.

El cálculo de la "r" lo podemos abreviar utilizando la tabla que aparece en la siguiente página.

CONCENTRACION DE PERSONAS (METROS CUADRADOS POR PERSONA)	MOVIMIENTO HACIA ADELANTE (METROS POR MINUTO)	DESCARGA, PERSONAS/ UNIDAD DE ANCHO DE SALIDA POR MINUTO
0.19	0	0
0.23	16,2	39
0.28	22.9	45
0.33	25.0	43
0.37	28.7	43
0.42	32.3	43
0.46	35.7	43
0.51	39.3	43
0.56	42.4	43
0.60	43.6	40
0.65	44.8	39
0.70	45.7	37
0.74	46.3	35
0.79	46.9	33
0.84	47.5	31
0.88	47.9	30
0.93	48.2	29
1.02	48.2	26
1.11	48.2	24
1.21	48.2	22
1.30	48.2	21
1.39	48.2	19

TABLA 4.2 RELACION ENTRE EL MOVIMIENTO Y LA CONCENTRACION EN ESCALERAS.

**EL CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA:** el código de seguridad humana (Life Safety Code) creado por el Comité de Seguridad Humana de la NFPA, requiere los siguientes principios para la seguridad contra incendios.

- Un número suficiente de vías de escape sin obstáculos de una capacidad adecuada.

- Protección de estas vías contra el incendio y el humo durante todo el tiempo necesario para la evacuación.
- Salidas secundarias y medios de traslado hacia ellas, para su utilización, en caso de que una salida principal se encuentre bloqueada.
- Subdivisión en áreas para proporcionar áreas de refugio en los edificios, en los cuales la evacuación es considerada como último recurso.
- Cuando el edificio posea más de un nivel, deberá existir protección de las aberturas verticales para limitar los efectos del fuego a un solo piso.
- Sistemas de alarmas para la detección de incendios.
- Iluminación adecuada de las salidas y de los caminos que se utilizan para llegar a ellas.
- Aislamiento de los equipos y de las zonas peligrosas, susceptibles de entrar en ignición.
- Capacitación a la población del área a evacuar.
- Control de los factores psicológicos que conducen al pánico.

Todo lo anterior debe ir acompañado de una señalización correcta de las áreas (consultar anexo, señalización internacional). A continuación, se muestran gráficas que permiten ilustrar mejor todo esto.

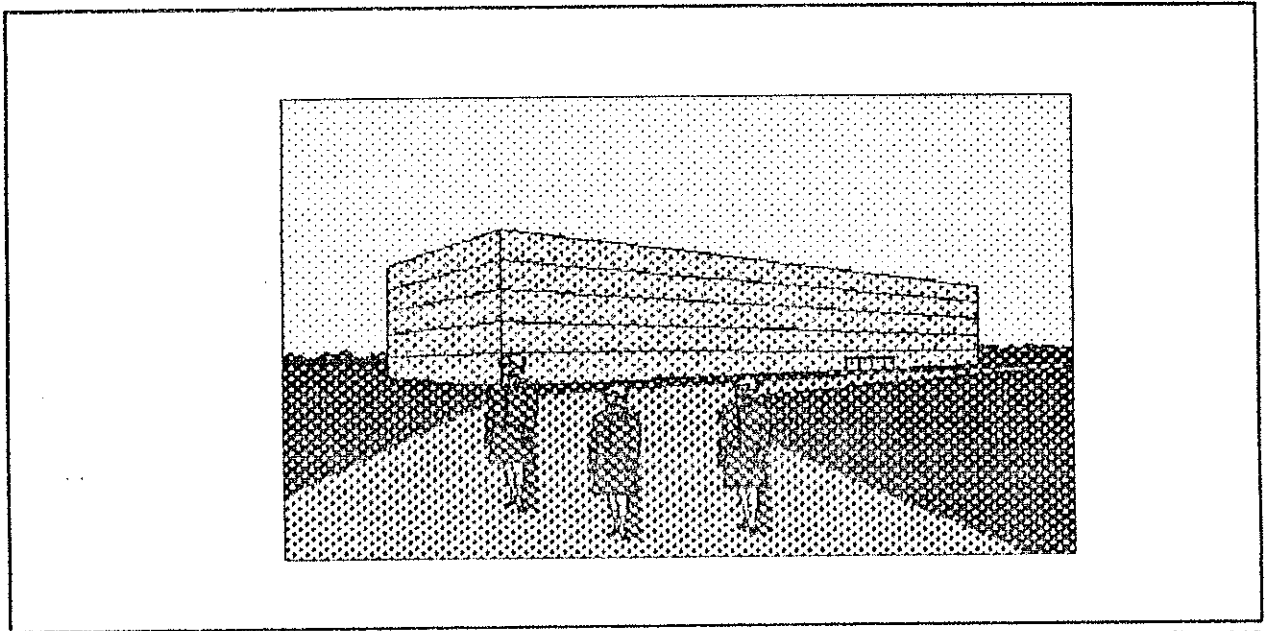


FIGURA 4.3 SIMULACROS DE EVACUACION PLANIFICADOS Y REALIZADOS CON FRECUENCIA.

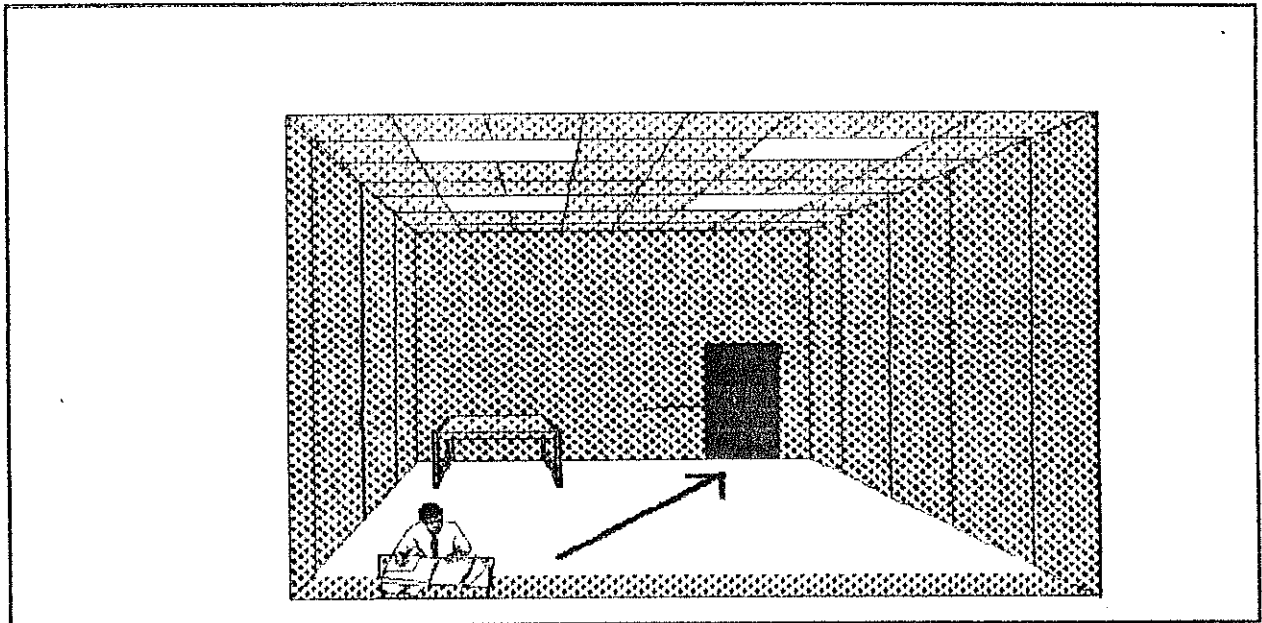


FIGURA 4.4 SALIDAS DE EVACUACION DESPEJADAS.

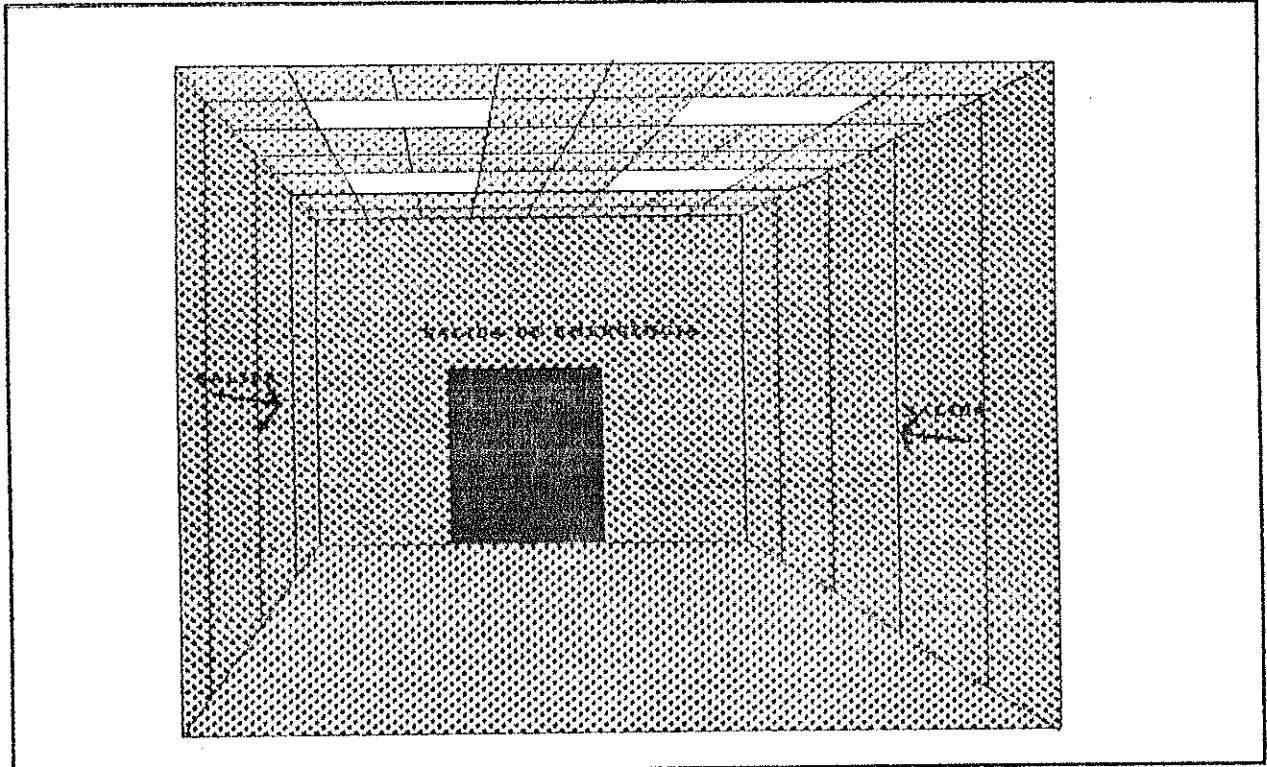


FIGURA 4.5 SENALIZACION DE VIAS DE EVACUACION.



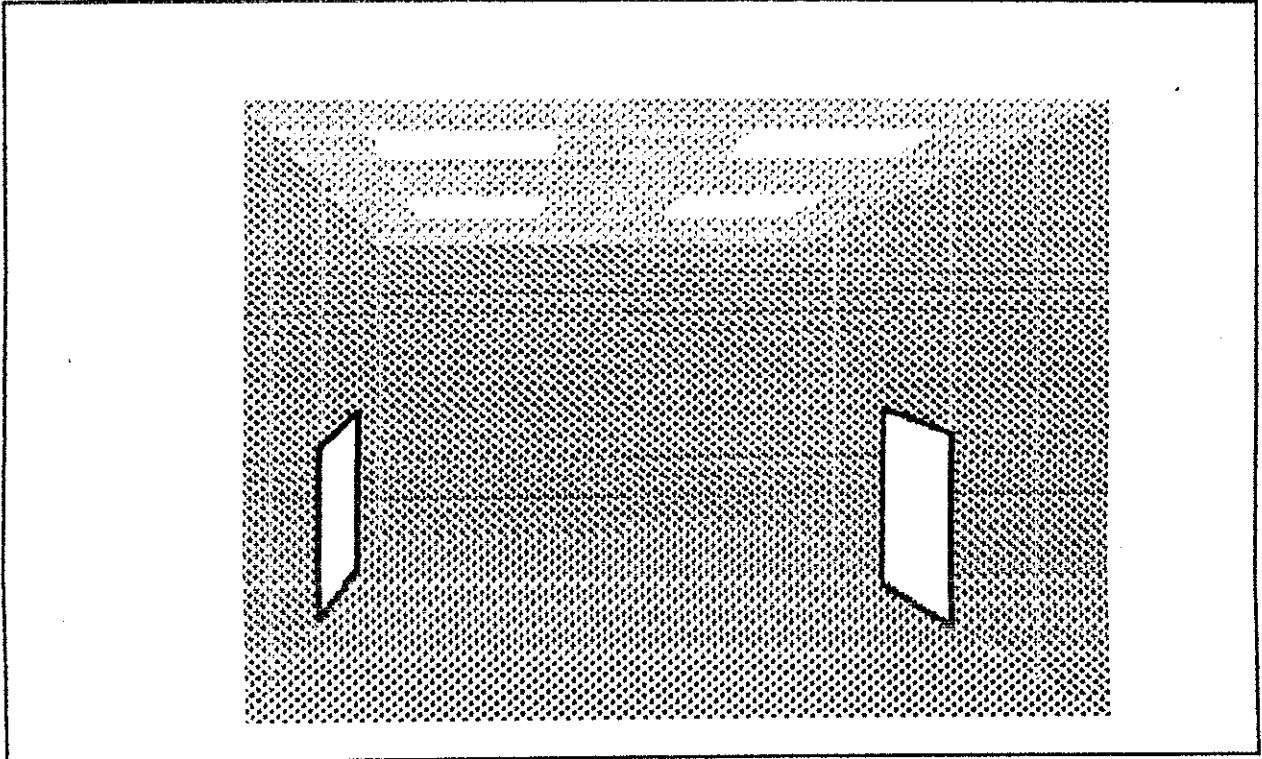


FIGURA 4.6 POR LOS MENOS DOS VIAS SEPARADAS DE SALIDA.

#### 4.3. Evacuación de un área de trabajo

En ciertas ocasiones, es necesario evacuar una área de trabajo e incluso un edificio entero, de todos los conceptos visto hasta aquí, se puede señalar que no existe un plan de evacuación general aplicable a todas las áreas de trabajo, ya que cada uno de ellos depende de la peligrosidad del área, del diseño del edificio, del tipo de personas que en él habitan y otros.

**EVACUACION:** "Es un conjunto de procedimientos y acciones tendentes a que las personas amenazadas por un peligro (incendio, terremoto etc.) protejan su vida e integridad física, mediante su desplazamiento hasta y a través de lugares de menor riesgo".

#### PRINCIPIOS BÁSICOS:

a) Cuanto mayor sea el tiempo, menores serán las posibilidades de éxito. Como ya se explico anteriormente, una buena base sería:

- 90 segundos para las personas que hacen el recorrido a través de corredores horizontales.
- 5 minutos para las personas que bajan escaleras en línea recta.
- 1 minuto para las personas que suben escaleras.

Estos son los tiempos que utilizan las personas en llegar a la salida más cercana.

b) Es necesario crear un patrón de comportamiento sistematizado que permita reaccionar en el menor tiempo posible.

Esto se logra con el entrenamiento y los medios sonoros (alarmas) con los que cuenta el área observada.

c) Debe existir un plan de evacuación que tome en cuenta los criterios hasta aquí vistos y además debe ser conocido por todos.

d) El entrenamiento y la práctica periódica son la base para un buen plan de evacuación.

#### **PARTES QUE INTEGRAN UN PLAN DE EVACUACIÓN:**

a) Organización: aquí se da a conocer el Coordinador General, así como a los encargados de las diferentes áreas de trabajo.

b) Procedimientos Establecidos: indica la forma de actuar general de las áreas; estos dependen del tipo de operación que se realice en estas áreas y son específicos para cada una de ellas.

c) Sistemas de alarma que se va a utilizar: existen muchos de ellos, que se verán en el siguiente capítulo.

d) Rutas de escape: debe hacerse mucho énfasis en la comprensión de estas por parte de la población entrenada.

e) Lugar de reunión final

**ORGANIZACION:** la organización dependerá del tamaño de la población y del área que se va a estudiar, sin embargo, es necesario tener como mínimo a las siguientes personas

a) El Coordinador General de la Evacuación: este puede ser el Jefe del Departamento de Seguridad Industrial e incluso el Gerente o dueño de la empresa.

Es necesario que esta persona tenga un buen entrenamiento, no sólo de las áreas de evacuación y procedimientos generales a seguir sino que también debe conocer y poder evaluar con exactitud los riesgos que pueden ocurrir dependiendo de la magnitud del siniestro y del área en el cual se encuentra.

Esta persona será la encargada de las decisiones que modifiquen de algún modo el Plan de Evacuación ya establecido.

b) Encargado de área: cuando en un edificio se encuentra subdivididos en varias áreas de trabajo, es necesario designar a una persona responsable de la evacuación del área.

Esta persona deberá poseer también entrenamiento extra acerca de tópicos generales de la teoría de incendios.

c) Jefe y Encargados suplentes: en muchas ocasiones, el Coordinador

Principal y los Encargados de áreas no están presentes por diferentes motivos en el momento de una emergencia, es por esto que es necesario designar suplentes para estos puestos.

Es decir, que en un área de trabajo en cualquier momento se deberá contar con un Coordinador General y su suplente, así como a los encargados de área y sus respectivos suplentes.

**FUNCIONES DEL ENCARGADO DE ÁREA:** el entrenamiento de estos encargados es decisivo para el éxito de la evacuación, además de la capacitación general acerca del Plan y teoría general de incendios, tendrá funciones específicas, las cuales se detallan a continuación:

**a) Antes de salir:**

- Verificar si es posible la veracidad de la alarma.
- Revisar el número de personas en su área de trabajo.
- Debe recordar a las personas la ruta de escape que se va a utilizar y el punto de reunión final.
- Acciones especiales establecidas (cerrar válvulas etc.).

**b) Durante la evacuación:**

- Supervisar que se ejecuten las acciones preestablecidas.
- No debe permitirse la utilización de ascensores.
- Impedir que se regresen las personas a su cargo.
- Repetir en forma clara y permanente las consignas especiales (ej. no corran, conserven la calma etc.)
- Evitar los brotes de comportamiento incontrolados, ya que estos pueden dar origen al pánico.
- Auxiliar oportunamente a quien lo requiera.
- Buscar una salida alterna de evacuación en caso se encuentre bloqueada la primera.
- En caso de no poder salir, llevar al grupo a un sitio seguro; se debe de solicitar ayuda de inmediato con los medios que se tenga al alcance.

**c) Después de la salida:**

- Verificar que todo el grupo este completo; de no estarlo, notificarlos al Coordinador General o al grupo de rescate, esta acción no debe de ser llevada a cabo por el mismo encargado.
- Reportar al Coordinador General.
- Notificar las situaciones anormales observadas durante la evacuación.
- Colaboración con los cuerpos de socorro y bomberos.
- Cuando haya terminado la emergencia, se debe de revisar cuidadosamente el área de trabajo antes de dar inicio nuevamente al trabajo.

## CAPITULO 5

## SISTEMAS Y AGENTES ESPECIALES DE EXTINCION DE INCENDIOS

## 5.1. Sistemas de alarmas

Existen en la actualidad eficientes sistemas de alarmas contra incendios, los cuales son sonoros, algunas veces complementados con señales visuales.

Los sistemas sonoros más comunes son: sirenas, timbres, campanas, los silbatos de las calderas e incluso los silbatos utilizados por los miembros de las brigadas contra incendios. Las señales visuales ayudan en la ubicación del incendio, por ejemplo: un panel de control de las alarmas contra incendios muestra la ubicación de éstas por medio de pequeños focos; en el momento de accionarse una de ellas, el foco se enciende mostrando inmediatamente la ubicación del incendio.

Algo aún más importante que la forma en que se alertará a los trabajadores es sin duda alguna la detección temprana del siniestro; para esto se cuenta con diferentes clases de detectores automáticos de incendios, estos se clasifican así:

- Detectores de calor.
- Detectores de humo.
- Detectores de llama.
- Detectores de gas.

Todos estos detectores activan una alarma o ponen en funcionamiento algún sistema de extinción de incendios; los detectores de humo es conveniente utilizarlos en la protección de espacios amplios, ya que por ejemplo un detector de calor no tendría mucho sentido ya que la temperatura se disipa con mayor rapidez en lugares amplios, asimismo es recomendable utilizar detectores de calor en lugares confinados; la temperatura de funcionamiento de un detector de calor deberá de ser al menos 14 grados centígrados superior a la máxima temperatura ambiente esperada en la zona que se va a proteger.

## 5.2. Sistemas de extinción con agua

A continuación, se detallan los sistemas de extinción con agua, así como principios para su distribución.

- a) Rociadores automáticos.
- b) Sistemas de mangueras y tomas fijas de agua.
- c) Principios de distribución de los sistemas de extinción con agua.

a) **Rociadores automáticos:** constituyen los sistemas de extinción fijos y automáticos más eficaces en la industria; necesitan para su instalación de un depósito de agua, así como de un eficiente sistema de bombeo de agua, ya sea por gravedad o mecánico; los rociadores automáticos se activan por medio de un fusible que reacciona a temperaturas altas.

Las inspecciones de rociadores pueden ser consultadas en el anexo formulario de inspección al final de este trabajo de tesis. Los rociadores automáticos se clasifican de acuerdo con la temperatura a la que actúan; esta clasificación se puede apreciar en la siguiente tabla:

CLASIFICACION	TEMPERATURA DE ACTUACION EN GRADOS CENTIGRADOS	COLOR *	TEMPERATURA MAXIMA DEL TECHO, GRADOS CENTIGRADOS
ORDINARIA	57-77	SIN COLOR O NEGRO	37.8
INTERMEDIA	79-107	BLANCO	65.6
ALTA	121-149	AZUL	107
EXTRA ALTA	163-190.5	ROJO	149
MUY EXTRA ALTA	204-246	VERDE	190
ULTRA ALTA	260-302	NARANJA	246

TABLA 5.1 CLASIFICACION DE TEMPERATURA DE LOS ROCIADORES AUTOMATICOS Y CODIGO DE COLORES (National Fire Protection Asociation NFPA)

\* Sólo los brazos de la armadura tiene color.

En la siguiente figura se puede apreciar un sistema de rociadores automáticos:

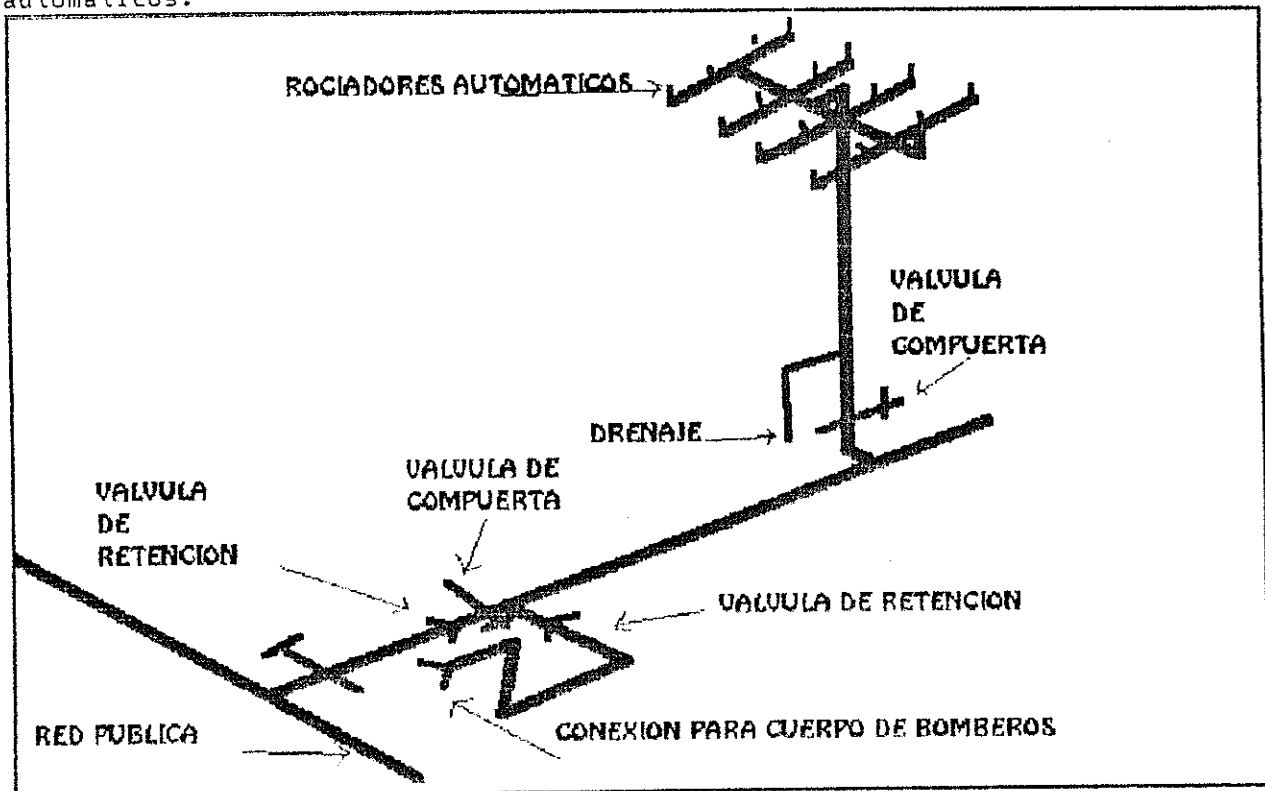


FIGURA 5.1 EJEMPLO RED DE ROCIADORES AUTOMATICOS.

Existen además en los rociadores otra clasificación que depende de la forma en la cual el rociador distribuye el agua, y ésta es:

- distribución vertical
- distribución pendiente y
- distribución lateral

La elección de la utilización de rociadores automáticos para la protección de determinada área dependerá del tipo de equipo que en ella se encuentra, por ejemplo, en áreas en las cuales existen equipos de computación, no es recomendable utilizar este tipo de sistemas, ya que dañarían al equipo; es por esto que el diseño de estos sistemas deberá de estar a cargo de personas altamente especializadas.

En la siguiente figura se pueden apreciar más claramente la forma en la cual estos rociadores distribuyen el agua.

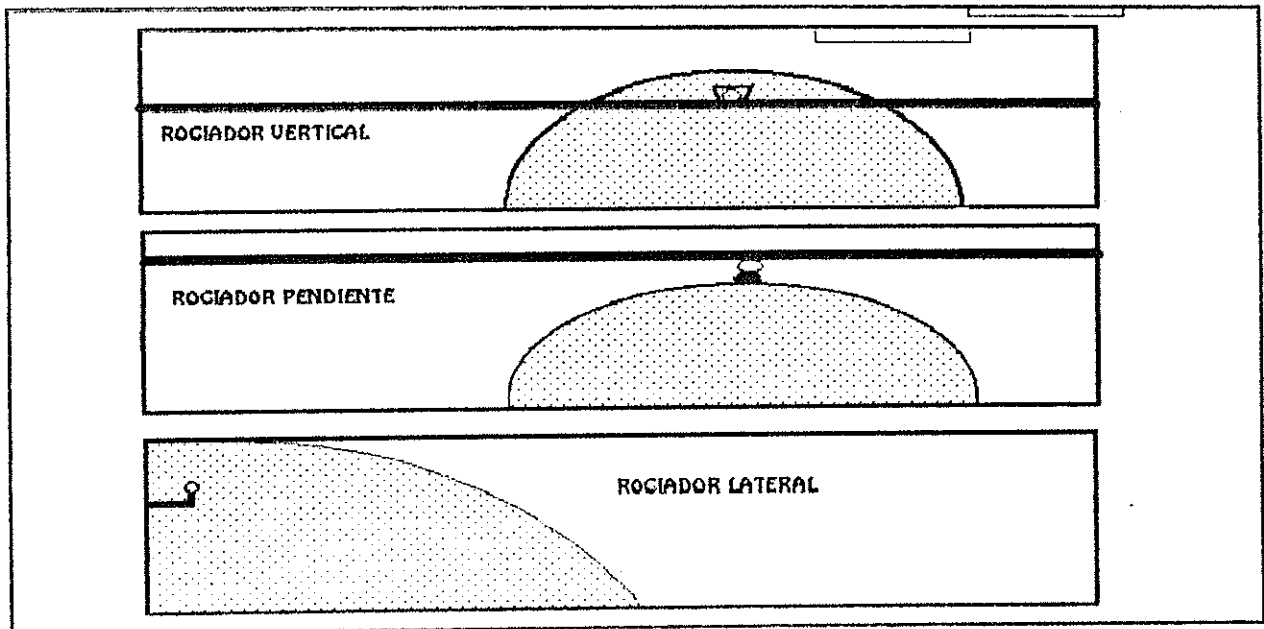


FIGURA 5.2 DISTRIBUCION DE AGUA DE ACUERDO AL TIPO DE ROCIADOR.

b) **Sistemas de mangueras y tomas fijas de agua:** estos sistemas sirven para lanzar agua manualmente desde tomas fijas de agua por medio de mangueras, estas tomas fijas de agua (gabinetes o hidrantes) generalmente se diseñan junto al sistema de rociadores automáticos; así el combate del incendio se

logra internamente con los rociadores y desde afuera por medio de las tomas. Una explicación más detallada sobre su diseño e instalación se puede encontrar en la norma número 14 de la NFPA "Norma para sistemas de tomas fijas de agua y mangueras".

Los sistemas que determinan la eficiencia de los suministros de agua para los sistemas de tomas fijas de agua son los siguientes:

- Caudal en las líneas de mangueras.
- Número requerido de mangueras.
- Tiempo durante el cual la línea de mangueras podría funcionar.
- Utilización de las mismas tomas fijas de agua junto con los rociadores automáticos.

A continuación, se detalla la norma 14 de la NFPA para la instalación de sistemas de tuberías y mangueras:

TIPO	APLICACION Y USO POR	TAMAÑO DE LA MANGUERA Y DISTRIBUCION	SUMINISTRO MINIMO DE AGUA
CLASE I	Chorros gruesos, cuerpo de Bomberos, personal adiestrado. Fuego en etapa avanzada.	conexiones de 2 1/2". Todas las partes del piso deben quedar a no mas de 10 metros del pitón dotado de 30 metros de manguera.	500 galones por minuto primera tubería, 250 por cada tubería adicional. 2500 galones por minuto máximo. 30 minutos de duración, 65 psi en grifo mas alto con 500 galones por minuto de flujo.
CLASE II	Chorros delgados, ocupantes de los edificios. Fuego incipiente.	Conexiones de 1 1/2", distribución idéntica a la Clase I.	100 galones por minuto por edificio, 30 minutos de duración, 65 psi en el grifo más alto con 100 galones por minuto de flujo.
CLASE III	Ambos usos mencionados arriba.	Idéntico a la clase I con válvula adicional de 1 1/2" o adaptadores de 1 1/2" en los grifos.	Idénticos a la clase I

TABLA 5.2 NORMA PARA LA INSTALACION DE LOS SISTEMAS DE TUBERIAS (TUBERIA HUMEDA Y SECA).

Esta norma es válida tanto para tubería húmeda (llena de agua) como para tubería seca (sin agua adentro), además todas las descargas, deberán estar provistas de manómetros para así poder revisar continuamente la eficiencia del sistema; estos manómetros también deberán ser instalados en la bomba contra incendios y es recomendable que también se instalen estratégicamente en el trayecto para poder verificar posibles pérdidas de presión en el sistema.

Es necesario además poseer avisadores de paso de agua e interruptores que indiquen una manipulación indebida; de esta manera al momento de activarse un rociador o una toma de agua el sistema de alarma instalado, pondrá sobre aviso oportunamente a la brigada contra incendios y si es posible al mismo cuerpo de bomberos. En los anexos, se podrán encontrar formatos de inspección para estos sistemas.

Las tomas fijas de agua pueden estar adentro en las oficinas y edificios de las fábricas encerrados en gabinetes y afuera como simples hidrantes.

A continuación, se muestra una gráfica en donde se puede apreciar un gabinete para toma fija de agua

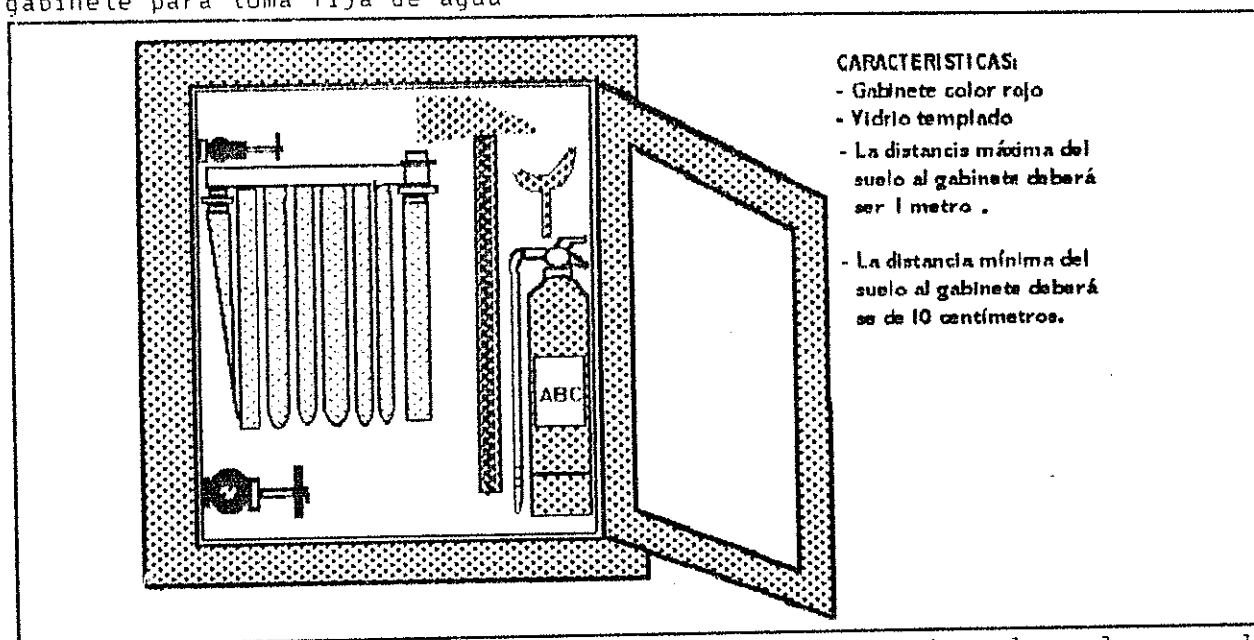


FIGURA 5.3 GABINETE CLASE III (Para referencia de colores de señalización consultar el anexo, sección señalización internacional).

### c) Principios de distribución de los sistemas de extinción con agua.

En este trabajo, se detallarán los principios básicos para la instalación y distribución de los sistemas de extinción con agua, para la obtención de información más detallada, se puede consultar la "Norma para la instalación de sistemas de rociadores automáticos" número 13 de la National Fire Protection Association (NFPA).



Lo primero que se hace es determinar el tipo de riesgo existente en el área en la cual se instalarán los sistemas de extinción con agua; los riesgos se clasifican así.

a) **Riesgos ordinarios:** incluye las actividades donde la cantidad y combustibilidad de los materiales combustibles es baja; ejemplos de estos riesgos se encuentran en edificios de oficinas, escuelas, viviendas, iglesias, apartamentos y otros similares.

b) **Riesgos ordinarios grupo 1:** edificaciones donde la combustión es baja, los materiales combustibles apilados no exceden 2.5 metros de altura, se puede prever que el fuego emita cantidades moderadas de calor, algunos ejemplos pueden ser fábricas de conservas alimenticias, lavanderías, áreas de equipos electrónicos y otros similares.

c) **Riesgos ordinarios grupo 2:** la altura de los materiales combustibles apilados no excede de 3.5 metros y la cantidad de materiales y su combustibilidad es moderada, como por ejemplo, plantas textiles, imprentas, artes gráficas, fábricas de calzado y otros similares.

d) **Riesgos ordinarios grupo 3:** los incendios general gran cantidad de calor y la cantidad de combustibles y su combustibilidad es alta, como por ejemplo incendios, en muelles, fábricas de obtención y procesos de papel, fabricación de neumáticos y almacenes (de papelería, de mobiliario, de pinturas etc.).

e) **Riesgos extra:** edificios en los cuales el riesgo de incendio se considera grave como por ejemplo, procesos de preparación de algodón, fábricas de explosivos, refinerías de petróleo, fábricas de barnices, laboratorios de perfumes y otros similares.

Una vez identificado el riesgo, se pasa a consultar la siguiente tabla:

CLASIFICACION DE LA ACTIVIDAD	PRESION RESIDUAL NECESARIA (véase nota 1)	CAUDAL ACEPTABLE EN LA BASE ASCENDENTE (Véase nota 2) galones por minuto	DURACION EN MINUTOS (Véase nota 4)
Riesgo ligero	15 psi o más	500-750 (véase nota 3)	30-60
Riesgo ordinario grupo 1	15 psi o más	700-1000	60-90
Riesgo ordinario grupo 2	15 psi o más	850-1500	60-90
Riesgo ordinario grupo 3	Consultar Normas 13, 231 y 231C de la NFPA #1		

CLASIFICACION DE LA ACTIVIDAD	PRESION RESIDUAL NECESARIA (véase nota 1)	CAUDAL ACEPTABLE EN LA BASE ASCENDENTE (Véase nota 2) galones por minuto	DURACION EN MINUTOS (Véase nota 4)
Almacenes	Consultar Normas 13, 231 y 231C de la NFPA **		
Edificios de gran altura	Consultar Normas 13, 231 y 231C de la NFPA **		
Riesgo extra	Consultar Normas 13, 231 y 231C de la NFPA **		

**TABLA 5.3 GUIA DE LAS NECESIDAD DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMATICOS.** (\*\*Estas normas se pueden consultar en el edificio central del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de la capital).

NOTA 1. La presión necesaria en la base de la ascendente para los rociadores se define como la presión residual necesaria en elevación del rociador más alto, más la presión necesaria para alcanzar la elevación.

NOTA 2. El valor más bajo es el caudal mínimo incluyendo el de las mangueras, normalmente aceptable para sistemas de rociadores diseñados por tablas de dimensionado de tuberías. El caudal más alto debe bastar normalmente para todos los casos dentro de cada grupo.

NOTA 3. Este requisito puede reducirse a 250 galones por minuto, si la superficie edificada está limitada por comparticiones y la cubierta del techo son hechas por materiales incombustibles.

NOTA 4. El valor de duración más breve es ordinariamente aceptado cuando se dispone de un servicio de alarma de flujo de agua en una estación remota o equivalente. La cifra más alta debe bastar normalmente en todos los casos dentro de cada grupo.

Las tuberías que se emplean en los sistemas de rociadores deben ser de un tipo que pueda resistir una presión de trabajo no inferior a 175 psi (libras por pulgada cuadrada).

La distancia entre los rociadores dependerá del tipo que éstos sean, es necesario antes de cualquier distribución, solicitar todas las especificaciones de los mismos al fabricante.

Se utiliza generalmente tubería de hierro soldado y sin costura, también tubería de acero sin costura; información más detallada se puede encontrar en la Norma 13 para instalación de extintores de la NFPA.

### 5.3. Agentes químicos especiales de extensión de incendios

Existen varios agentes especiales que sirven para el combate exitoso de siniestros, éstos son:

- a) Anhídrido Carbónico

- b) Sistemas halogenados
- c) Polvos químicos
- d) Espuma
- e) Agentes extintores para metales combustibles

a) **Anhídrido Carbónico** : el anhídrido carbónico no es combustible y no reacciona con la mayoría de las sustancias, como es un gas, se extiende fácilmente en el área siniestrada, no conduce la electricidad y no deja residuos.

Entre sus propiedades extintoras se cuenta con su capacidad de reducir el contenido de oxígeno de la atmósfera; también se puede aprovechar su propiedad refrigerante cuando es lanzado directamente al material que se encuentra en ignición.

No es recomendable utilizarlo en incendios grandes de la clase A, debido a que su capacidad de enfriamiento es reducida, aunque es eficaz para la mayoría de materiales combustibles, NO lo es en el caso de algunos metales activos e hidruros metálicos y en materiales como el nitrato de celulosa que contiene oxígeno disponible.

Aun cuando el anhídrido carbónico es ligeramente tóxico, en un incendio su concentración es alta debido a los productos de la combustión; esto hace que se desplace el oxígeno necesario para las personas y en consecuencia éstas se asfixian. La máxima concentración que pueden soportar las personas es del 9 % sin perder el conocimiento, durante unos pocos minutos. Si la concentración aumenta la persona podría perder el conocimiento casi de inmediato.

b) **Sistemas halogenados:** en la actualidad estos agentes tienden a desaparecer en la lucha contra incendios debido a su acción perjudicial en la capa de ozono.

c) **Polvos químicos:** Es eficaz para la extinción de incendios de líquidos inflamables, también se pueden utilizar para combatir los incendios de algunos tipos de equipos eléctricos; se utilizan más para apagar pequeños incendios con llama en combustibles sólidos; si el incendio es grande y produce alta incandescencia es necesario utilizar agua.

Existen varios agentes químicos que pueden utilizarse para la fabricación de estos polvos químicos entre los más comunes están el bicarbonato sódico, el fosfato monoamónico, el bicarbonato urea-potásico y el cloruro potásico; éstos se mezclan con otros aditivos para mejorar su capacidad de almacenamiento y repulsión al agua (humedad).

La sofocación, el enfriamiento y la obstrucción de la radiación contribuyen a la extinción del siniestro, además, de acuerdo con estudios realizados por la National Fire Protection Association NFPA se cree que la acción de rotura de la cadena en la llama (tetraedro del fuego) puede ser la

causa principal de la extinción del incendio.

Son recomendados para combatir los fuegos tipos B y C, además, en los fuegos tipos A es recomendado complementarlos con agua a fin de eliminar las brasas incandescentes restantes.

d) **Espuma:** no es más que la formación de burbujas rellenas de gas que se forman a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas fórmulas.

Se utilizan exclusivamente para el combate de incendios de líquidos inflamables, ya sea en depósitos como en derrames de los mismos. La espuma como es más ligera que los líquidos inflamables, flota sobre los mismos, formando una capa que impide escapar los vapores inflamables y separa al líquido del oxígeno de la atmósfera; otras espumas producen grandes cantidades de celdillas de gas húmedo que inunda toda el área siniestrada (tanques o depósitos).

También es utilizada frecuentemente en incendios producidos en accidentes de aviación e incendios en hangares, debido a que generalmente los accidentes en aviones ocasionan generalmente derrames incontrolables de combustible.

No se deben utilizar para el combate de incendios tipo C, ya que la espuma es una buena conductora de la electricidad. Otra dificultad es el alto costo de este agente extintor.

#### 5.4 Tipos de extintores.

No son más que equipos portátiles de primer auxilio que son usados para atacar pequeños incendios, todos los extintores tienen marcados en un lugar visible (ver anexo, señalización internacional) la clase de fuego que pueden atacar; se utilizan las letras, A, B, C y D que identifican el tipo de fuego.

Para el montaje de extintores sobre paredes o columnas, se pueden seguir los siguientes lineamientos de acuerdo con la National Fire Protection Association.

- Los extintores que no excedan de 40 libras, deberán ser montados de tal forma que la distancia entre la parte superior del extintor y el suelo no exceda de 1.5 metros.
- Si los extintores exceden las 40 libras, esta distancia no deberá ser mayor de 1 metro.
- En ningún caso la distancia entre el suelo y la parte inferior del extintor deberá ser menor de 10 centímetros.

A continuación se detallan los tipos de extintores, así como principios para su distribución.

- a) Extintores de agua a presión.
- b) Extintores de polvos químicos.
- c) Extintores de espuma.
- d) Extintores de anhídrido carbónico (bióxido de carbono o CO<sub>2</sub>).
- e) Extintores de polvo seco para metales.
- f) Principios para la selección de extintores.
- g) Distribución de extintores para fuegos clase A.
- h) Distribución de extintores para fuegos clase B.
- i) Principios para la selección de extintores clase C.

A continuación se detallan cada uno de estos

a) **Extintores de agua a presión:** estos a su vez se subdividen en extintores a base de agua con presión incorporada y extintores a base de agua que funcionan con bombeo.

Los extintores a base de agua deberán ser utilizados **exclusivamente** para fuegos clase A. **NUNCA** deberán utilizarse en fuegos clase B y C, ya que en el primer caso el agua por ser más densa que los líquidos inflamables tiende a depositarse en el fondo, entonces el líquido inflamable flota y continúa ardiendo en la superficie provocando muchas veces derrames de líquido ardiendo. El agua en estado puro no es conductora eléctrica, sin embargo, al entrar en contacto con agentes químicos y otras impurezas la hacen una buena conductora de electricidad, es por esto que los extintores a base de agua no deben ser utilizados en el combate de incendios del tipo C.

La siguiente figura muestra los dos tipos de extintor a base de agua:

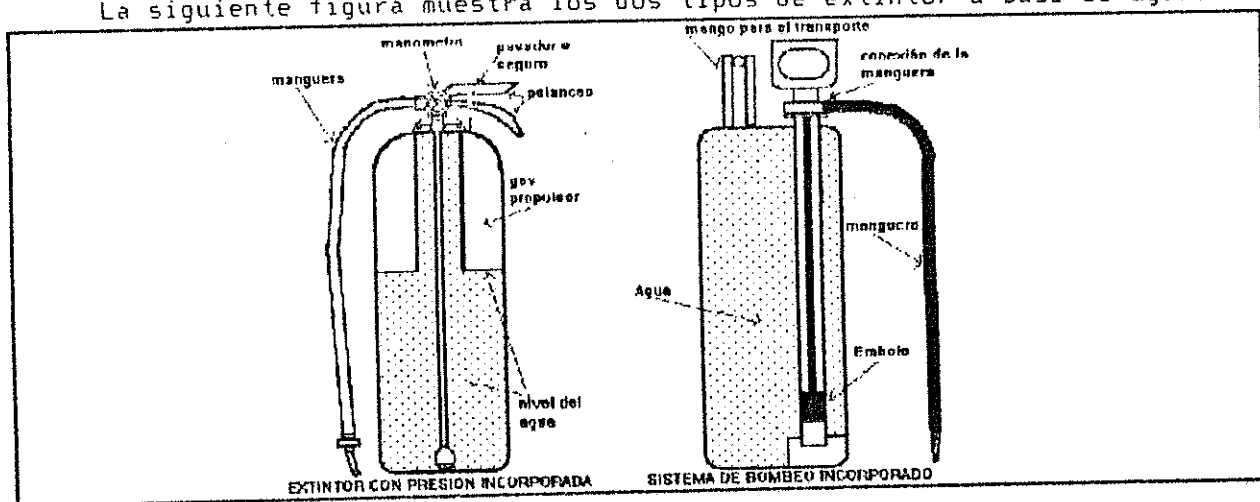


FIGURA 5.4 EXTINTORES DE AGUA

Algunas características de estos extintores se detallan en la siguiente tabla.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	CAPACIDAD EN LITROS	ALCANCE HORIZONTAL DEL CHORRO EN METROS	TIEMPO APROXIMADO DE DESCARGA EN MINUTOS	PROTECCION REQUERIDA POR DEBAJO DE 4 GRADOS CENTIGRADOS
Presión incorporada	9.7	9 - 13	1 minuto	SI
Depósito de bombeo	5.8	9 - 13	1 minuto	SI
Depósito de bombeo	9.7	9 - 13	1 minuto	SI
Depósito de bombeo	15.5	9 - 13	2 minutos	SI
Depósito de bombeo	15.5	9 - 13	2 - 3 minutos	SI

TABLA 5.3 CARACTERISTICAS DE LOS EXTINTORES DE AGUA (Norma para el uso de extintores NFPA)

- b) Extintores de polvos químicos: estos son a base de bicarbonato sódico en químico seco, potasio y bicarbonato de potasio-urea, fosfato monoamónico (polivalente) y cloruro de potasio; existen además dos tipos que son:
- Extintor de polvo químico activado por cartucho.
  - Extintor de polvo químico con presión almacenada.

La mayoría de ellos sirven para combatir incendios del tipo A, B y C sin embargo, antes de manipular un extintor de éstos es necesario leer que tipo de agente extintor usa y el fuego que puede combatir.

Después de haber utilizado un extintor de este tipo; es necesario realizar una amplia limpieza del área en la cual se descargó el polvo químico, ya que este es muy corrosivo y podría afectar con el tiempo el equipo o el material sobre el cual queda depositado.

Algunas características de estos extintores se detallan a continuación:

AGENTE EXTINTOR	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	CAPACIDAD EN KILOGRAMOS	ALCANCE HORIZONTAL DEL CHORRO EN METROS	TIEMPO APROXIMADO DE DESCARGA EN SEGUNDOS	PROTECCION REQUERIDA ABAJO DE 4 GRADOS CENTIGRADOS
Bicarbonato sódico	Presión incorporada	0.45	1.5-2.5	8 a 10	NO
	Presión incorporada	0.7 a 1.1	1.5-2.5	8 a 10	NO
	Cartucho o presión incorporada	1.2 a 2.2	1.5-6	8 a 20	NO

AGENTE EXTINTOR	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	CAPACIDAD EN KILOGRAMOS	ALCANCE HORIZONTAL DEL CHORRO EN METROS	TIEMPO APROXIMADO DE DESCARGA EN SEGUNDOS	PROTECCION REQUERIDA ARAJO DE 4 GRADOS CENTIGRADOS
	Cartucho o presión incorporada	2.7 a 1.4	1.5-6	10 a 25	NO
	Cilindro de nitrógeno o presión incorporada	34 a 159 con ruedas	4.5-13.5	20 a 165	NO
Bicarbonato potásico	Presión incorporada	0.5 a 0.9	1.5-2.5	8 a 10	NO
	Cartucho o presión incorporada	1 a 2.3	1.5-3.5	8 a 10	NO
	Cartucho o presión incorporada	2.5-4.5	1.5-6	8 a 20	NO
	Cartucho o presión incorporada	7.3 a 13.6	3-6	8 a 25	NO
	Cartucho	22	6	30	NO
	Cilindro de nitrógeno o presión incorporada	56.0 a 13.5 con ruedas	4.5-13.5	30 a 80	NO
Cloruro potásico	Presión incorporada	1.1 a 3.8	1.5-2.5	8 a 10	NO
	Presión incorporada	2.3 a 4.1	2.5-3.5	10 a 15	NO
	Presión incorporada	4.5 a 9	3-4.5	15 a 20	NO
	Presión incorporada	61.3	13	35	NO
Fosfato de amonio	Presión incorporada	0.5-2.3	1.5-3.5	8 a 15	NO
	Presión incorporada o cartucho	1.1-3.8	1.5-3.5	8 a 15	NO
	Presión incorporada o cartucho	4-7.2	1.5-6	10 a 25	NO
	Presión incorporada o cartucho	7.7 a 13.6	1.5-6	10 a 25	NO
	cartucho	20.5	4.5-13.5	25	NO
	Cilindro de hidrógeno o presión incorporada	50 a 143 con ruedas	4.5-13.5	30 a 60	NO
Cloruro potásico	cartucho o presión incorporada	1.1 a 2.3	1.5-3.5	8 a 10	NO

AGENTE EXTINTOR	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	CAPACIDAD EN KILOGRAMOS	ALCANCE HORIZONTAL DEL CHORRO EN METROS	TIEMPO APROXIMADO DE DESCARGA EN SEGUNDOS	PROTECCION REQUERIDA ABAJO DE 4 GRADOS CENTIGRADOS
	Cartucho o presión incorporada	4.3 a 9	1.5-6	8 a 25	NO
	Cartucho o presión incorporada	8.9 a 13.6	1.5-6	18 a 25	NO
	Presión incorporada	56.8 a 91 con ruedas	4.5-13.5	38 a 48	NO
Bicarbonato potásico	Presión incorporada	2.3 a 4.5	3.3-6.7	13 a 18	NO
	Presión incorporada	4.1 a 18.5	4.5-9	17 a 33	NO

**TABLA 5.4 CARACTERISTICAS DE LOS EXTINTORES DE POLVOS QUIMICOS (Norma para uso de extintores NFPA)**

c) **Extintores de espuma:** Estos son extintores formadores de película acuosa llamada AFFF; en los fuegos clase A, la espuma enfría y penetra reduciendo la temperatura por debajo del punto de ignición; en los fuegos clase B, la espuma aísla el líquido del oxígeno de la superficie.

Estos extintores no deberán ser instalados en áreas en las cuales la temperatura sea menor de 4.5 grados centígrados; al aplicarse la espuma a un incendio en un depósito, es recomendable apuntar a la pared trasera del depósito para que así la espuma caiga y se distribuya correctamente; si esto no fuera posible, la aplicación deberá hacerse de tal manera que no salpique sobre el líquido; en este caso de ser posible la aplicación, deberá realizarse dando vueltas al recipiente mientras se aplica el chorro de espuma.

Actualmente la espuma es envasada en recipientes de 10 litros que descargan su contenido en aproximadamente 55 segundos y tienen un alcance de 6 a 7.5 metros; estos envases son parecidos a los utilizados en los extintores de agua a presión incorporada, y vienen pintados de color plateado e identificados en la cubierta del envase.

d) **Extintores de anhídrido carbónico:** a estos extintores también se les denomina de CO<sub>2</sub>, bióxido de carbono, dióxido de carbono, hielo seco y gas carbónico. Son buenos para controlar fuegos de las clases B, C y para fuegos pequeños de la clase A. Además tienen la ventaja de no dejar residuos lo que hace posible su instalación en laboratorios, áreas que contengan equipos electrónicos etc.

Estos extintores son de fácil identificación, ya que en lugar de pitón tienen una salida ancha en forma de trompeta o bocina, además de no utilizar manómetro.



En la siguiente figura se puede apreciar la forma de un extintor de esta clase.

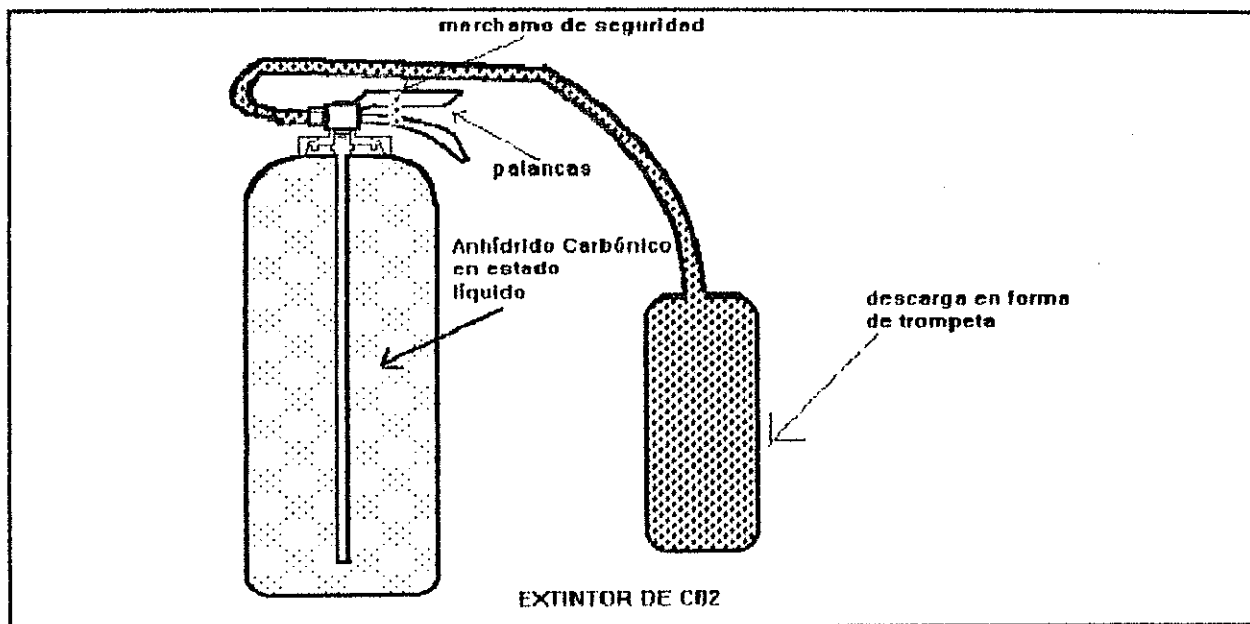


FIGURA 5.5 EXTINTOR DE ANHIDRIDO CARBONICO.

A continuación, se detallan algunas características de estos extintores.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	CAPACIDAD EN KILOGRAMOS	ALCANCE HORIZONTAL DEL CHORRO EN METROS	TIEMPO APROXIMADO DE DESCARGA EN SEGUNDOS	PROTECCION NECESARIA POR DEBAJO DE 4 GRADOS CENTIGRADOS
Autoexpulsador **	0.9 a 2.3	1-2.5	3 a 30	NO
Autoexpulsador **	4.5 a 6.8	1-2.5	8 a 30	NO
Autoexpulsador **	9	1-2.5	10 a 30	NO
Autoexpulsador **	22.5 a 45 con ruedas	1-3	10 a 30	NO

TABLA 5.5 CARACTERISTICAS DE LOS EXTINTORES DE CO2 (Norma para el uso de extintores NFPA).

\*\* Los extintores con descargas de trompeta metálicas no combaten incendios del tipo "C".

e) **Extintores de polvo seco para metales:** combaten los fuegos clase D en metales combustibles, el polvo seco puede estar envasado en cilindros parecidos a los de los extintores o puede estar almacenado en cubetas; los polvos más comunes son el cloruro sódico con aditivos que le dan fluidez y el polvo llamado G-1; este último no es más que grafito granular con compuestos de fósforo.

El cloruro sódico puede aplicarse con extintor o manualmente, el agente G-1 se aplica manualmente utilizando para ello palas. El agente extintor debe aplicarse sobre el fuego de tal modo que se forme una capa que aisle el metal combustible de la atmósfera. En incendios en los cuales están implicados metales combustibles húmedos, es muy probable que existan emanaciones bastante fuertes de calor lo que hace muy difícil acercarse al fuego para combatirlo. En el caso de que el metal inflamado esté sobre una superficie combustible, debe cubrirse con polvo seco, luego debe echarse polvo seco en un área aledaña formando una capa de al menos 1 pulgada; seguidamente se debe proceder a trasladar el metal inflamado a esta área; para esto se pueden utilizar palas.

Existe en el mercado un equipo portátil de cloruro sódico con ruedas que pesa aproximadamente 160 kilogramos y posee un alcance de 2.5 metros.

Existen además otros polvos secos que varían de acuerdo con el metal combustible; entre éstos se pueden citar el polvo Na-X, el polvo Met-L-X y otros que tienen como base el cloruro sódico y el carbonato sódico.

Es importante resaltar que en este tipo de incendios no es recomendable utilizar otro tipo de agentes extintores, ya que podrían ocasionar reacciones violentas que originarían fuertes explosiones, por ejemplo, jamás se deberá mezclar el agua con el sodio, potasio, litio, bario y calcio. El estroncio y agentes halogenados con el magnesio. También se recomienda atacar este tipo de incendios con equipos especiales de respiración artificial y ropa protectora, aun cuando el fuego parezca muy pequeño; una buena solución a estos problemas podría ser la instalación de un sistema que ataque el incendio con mando a distancia.

A continuación, se detallan polvos secos que combaten con éxito el incendio en determinados metales:

- Arena: la arena fina y seca se puede utilizar para aislar fuegos de polvos de aluminio, y se deben aplicar alrededor del fuego.
- Polvo de grafito: su accionar es parecido al del polvo G-1, sin embargo, es de acción más lenta.
- Polvo de talco: se utiliza contra fuegos de magnesio, realmente su acción no es extintora, sino que sirve para controlar y evitar que se extienda el fuego; debe colocarse en el perímetro del incendio y atacar el incendio con otro agente extintor.
- Astillas de hierro colado: se encuentra generalmente en los talleres y ayuda a enfriar las astillas de magnesio incendiadas. No deben utilizarse astillas oxidadas, ya que éstas podrían provocar una reacción.
- Cloruro sódico: sirve para combatir incendios de sodio, potasio y magnesio; debe aplicarse sobre el metal incendiado de tal forma que se forme una capa que aisle al metal de la atmósfera.
- Cenizas de sosa: el carbonato sódico o cenizas de soza (no es el polvo

seco) se puede utilizar para la extinción de fuegos de potasio y sodio, su aplicación y reacción es similar a la del cloruro sódico.

- Silicato de circonio: es eficaz en el combate de incendios de litio.

**f) Principios para la selección de extintores:**

- a) Los siguientes principios deberán ser tomados en cuenta:
- b) La naturaleza de los combustibles que pueden incendiarse.
- c) Se debe de determinar la posible intensidad, dimensiones y velocidad de propagación del siniestro.
- d) Eficacia del extintor para el tipo de incendio diagnosticado.
- e) Facilidad de empleo del extintor.
- f) Tipo de adiestramiento que posee la persona responsable del manejo del extintor, así como su capacidad física; si la persona no posee entrenamiento previo, será necesario entonces planificarlo.
- g) Es necesario tomar en cuenta también la temperatura ambiente, presencia de vapores en el área, corrientes de aire etc.
- h) Se deberán analizar las posibles reacciones químicas que puedan surgir al entrar en contacto el agente extintor con los materiales incendiados.
- i) Inspecciones y mantenimiento del extintor (ver anexos, formulario de inspección).
- j) Adaptabilidad del extintor al medio ambiente.

**g) Distribución de extintores para fuegos clase A.**

Todos los extintores en la actualidad poseen al frente la clasificación dada por los Laboratorios Underwriters (U.L.), los que además de la clase o tipo de fuego, anteponen un número a la letra respectiva, por ejemplo 2A-4B. Este número es la capacidad anticipada que el laboratorio da a un extintor específico para extinguir la clase de fuego que viene señalada por la letra, mientras mayor sea el número, mayor intensidad de fuego podrá extinguir.

Primero debe determinarse la clase de riesgo que se presenta en el área en la cual se distribuirán los extintores. De acuerdo con la Norma 10 de la NFPA los riesgos se clasifican así:

- **Riesgo ligero:** es aquel que está presente en edificaciones donde se encuentran materiales de baja combustibilidad y no existen facilidades para la propagación del fuego.

- **Riesgo ordinario:** es aquel que está presente en edificaciones donde se encuentran materiales que puedan arder con relativa rapidez o que produzcan

gran cantidad de humo.

- **Riesgo extra:** es el que está presente en edificaciones donde se encuentran materiales que pueden arder con rapidez o donde se producen vapores tóxicos y/o exista la posibilidad de explosión.

Una vez determinada la clase de riesgo presente, la siguiente tabla nos da la guía básica para el emplazamiento de esta clase de extintores:

CLASIFICACION U.L.	RECORRIDO MAXIMO EN METROS HASTA ALCANZAR LOS EXTINTORES	RIESGO LIGERO AREA PROTEGIDA EN METROS CUADRADOS	RIESGO ORDINARIO AREA PROTEGIDA EN METROS CUADRADOS	RIESGO EXTRA AREA PROTEGIDA EN METROS CUADRADOS
1-A	23	288	---	---
2-A	23	568	288	186
3-A	23	848	428	288
4-A	23	1858	568	378
6-A	23	1858	848	568
18-A	23	1858	1858	848
28-A	23	1858	1858	1858
48-A	23	1858	1858	1858

**TABLA 5.6 EMPLAZAMIENTO DE EXTINTORES PARA FUEGOS CLASE A.**

**Ejemplo de utilización de la tabla 5.6:** es necesario instalar extintores para fuegos clase A, en una bodega cuyas dimensiones son de 46 metros de ancho por 137 metros de largo. En la bodega se almacenan documentos importantes que la empresa ha manejado a través de los años, la persona encargada de la ubicación de los extintores a calificado el área de Peligro Extra, en el mercado a encontrado extintores 6-A y desea instalarlos en dicha bodega.

Primero se pasa al cálculo del área el cual da 6302 metros cuadrados, en seguida se divide el área de la bodega entre el área protegida del extintor; esta área se determina buscando en la tabla 5.6, la fila 6-A y la columna correspondiente al riesgo extra; el valor que encontramos es de 568 metros cuadrados, y el resultado es igual a 11.25. En consecuencia, se deberán instalar 12 extintores del tipo 6-A.

Se hubieran utilizado 12 extintores del tipo 4-A, si el riesgo fuera ordinario y 12 extintores del tipo 2-A si el riesgo fuera ligero, ya que todos ellos protegen la misma área de 568 metros cuadrados.

El recorrido mínimo que una persona debe hacer para alcanzar este tipo de extintores en una emergencia es de 23 metros; esto deberá de ser tomado en cuenta al hacer la distribución sobre el plano de la bodega, dibujando círculos con radio igual a 23 metros y trazándolos de manera que no queden áreas libres.

La distribución de los extintores dependerá de las condiciones del lugar; es por esto que pueden surgir diferentes tipos de distribución que depende de las condiciones físicas del área que se va a analizar; es por esto que algunas veces es necesario instalar más extintores de lo calculado; la regla que no debe quebrantarse nunca es la del recorrido mínimo que hace la persona para alcanzar el extintor, en el entendido de que en este recorrido no exista ningún tipo de obstáculo.

En la siguiente figura, se aprecia la distribución de los extintores del ejemplo anterior, suponiendo que la bodega posee columnas en las cuales se podrán fijar éstos.

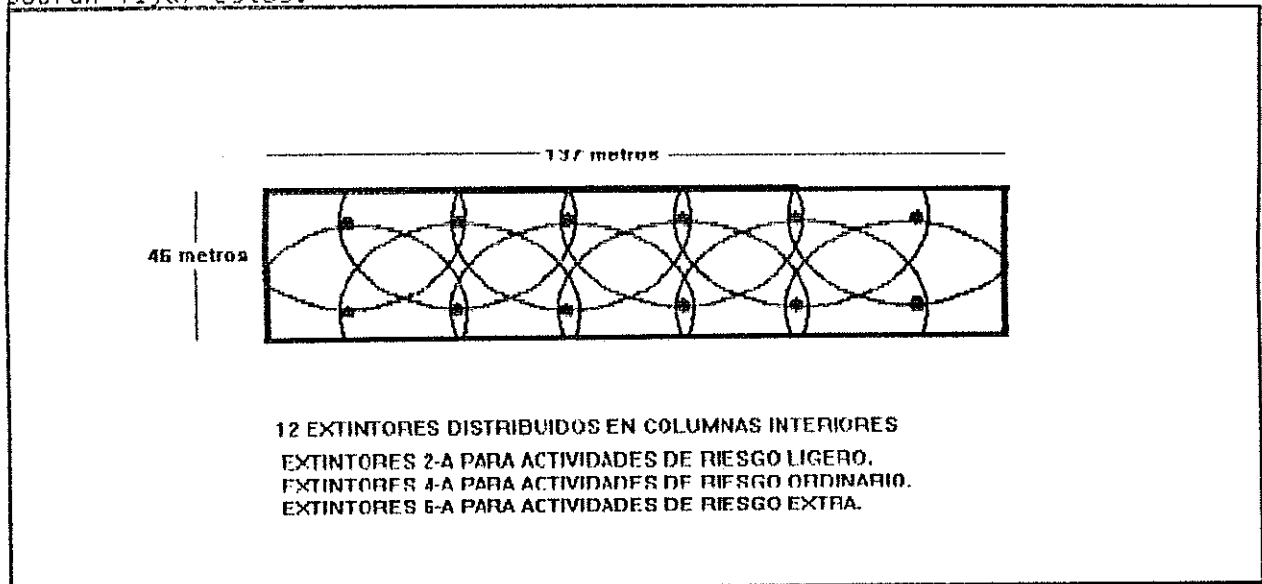


FIGURA 5.6 EJEMPLO DE DISTRIBUCION DE EXTINTORES.

b) Distribución de extintores para fuegos clase B.

En lugares donde los líquidos no alcancen profundidades mayores de 6 milímetros puede ser usada la siguiente tabla para planificar la distribución de los estintores clase B:

TIPO DE RIESGO	CLASIFICACION MINIMA DEL EXTINTOR	MAXIMA LONGITUD DE RECORRIDO HASTA EL EXTINTOR EN METROS
BAJO	5-B	9
	10-B	15
MODERADO	10-B	9
	20-B	15
ALTO	40-B	9

	80-B	15
--	------	----

TABLA 5.7 EMPLAZAMIENTO PARA EXTINTORES FUEGO CLASE B, EXCLUYENDO DEPOSITOS PROFUNDOS DE LIQUIDOS INFLAMABLES.

Cuando los depósitos de líquidos inflamables tengan una profundidad apreciable, es necesario utilizar un sistema fijo de extinción, aunque también es recomendable proveer de extintores en los alrededores, para combatir posibles fugas en el depósito del líquido inflamable.

i) Principios para la selección de extintores fuego clase C.

En el momento de detectarse un incendio clase C, lo mejor es, sin duda alguna, desenergizar el equipo que se encuentre en peligro, y convertirlo de clase C a clase A, B o AB. Los extintores clase C se eligen de acuerdo con:

- El tamaño del equipo eléctrico.
- El alcance del chorro del extintor.
- La ubicación del equipo eléctrico.

En lugares donde es imposible detener el abastecimiento de energía eléctrica, es recomendable utilizar sistemas fijos de protección.

## CONCLUSIONES

1. El 62 % de las personas lesionadas en incendio, lo fueron por intoxicación; esto se debe a la falta de capacitación de las mismas para enfrentar los incendios, y a planes de evacuación deficientes o inexistentes en las áreas en las cuales se originaron estos incendios.
2. Aun cuando los incendios en industrias grandes son menos frecuentes; cuando estos surgen, las pérdidas materiales son mucho más grandes, por ejemplo: entre 1993 y 1994, el total de pérdidas estimadas ascendió a 64 millones de quetzales; el 93% corresponde tan sólo a 6 incendios en industrias de gran tamaño.
3. El 67 % de las causas de incendios de industrias en Guatemala no han podido ser determinadas, por la falta de investigación de las mismas. El 8 % fueron por sobrecalentamiento, es decir por materiales combustibles cercanos a equipos calientes o falta de aislamiento de los mismos.
4. El 8% de las causas son debidas a sobrecalentamiento, el 7 %, por causas eléctricas y los otros porcentajes de causas de origen de incendios se deben sin duda alguna a la falta de programas de orden y limpieza, así como a planes de mantenimiento preventivo defectuosos o inexistentes.
5. El 17 % de los incendios se originaron en los municipios del departamento de Guatemala y el resto de departamentos del país; la causa fundamental es la falta de cobertura en la educación en materia de incendios dirigida hacia estas áreas del país.
6. El conocimiento de la teoría del fuego es esencial para el combate exitoso de cualquier siniestro.
7. El conocimiento de las propiedades de los diferentes materiales combustibles, así como sus reacciones en caso de combustión, es decisiva para el combate de incendios en los cuales se encuentran involucrados estos materiales.
8. El conocimiento del código de seguridad humana es fundamental para la planificación, organización y ejecución de evacuaciones de emergencia en caso de incendios.
9. Actualmente en Guatemala, no existen organismos encargados de la investigación estructurada y sistematizada de causas de incendios; esto lleva a la conclusión de que las pérdidas materiales reales entre 1993-1994 son aún mayores.
10. En Guatemala, actualmente algunas empresas privadas y el gobierno dirigen sus esfuerzos a la educación de empresas en materia de incendios, sin embargo, no existe una organización creada por el Estado que organice, planifique y coordine la educación en materia de incendios a nivel nacional.

## RECOMENDACIONES

1. Todas las empresas no importando su tamaño, tipo y localización, deben implementar un plan de evacuación de personas en caso de incendio.
2. Es recomendable que las empresas tengan buenos planes de orden y limpieza, ya que el desorden y la basura son factores importantes que los originan.
3. Todas las empresas no importando su tamaño, tipo y localización deben implementar un plan de mantenimiento preventivo para sus equipos y edificios; todo plan de mantenimiento bien ejecutado reduce enormemente los riesgos de incendios.
4. Las empresas que ya tengan sistemas de extinción de incendios deben revisar, perfeccionar o implementar un plan para la inspección y mantenimiento de sus equipos contra incendios. (ver anexo, formulario de inspección).
5. Es recomendable educar a todos los trabajadores en materia de incendios a fin de poder atacar con éxito los mismos en casos de emergencias.
6. Es recomendable, además, que las empresas formen equipos de personas encargadas de una primera acción en contra de cualquier incendio; estos grupos llamados brigadas industriales de bomberos pueden ser capacitadas por los cuerpos de bomberos de nuestro país, así como por empresas privadas dedicadas a esto.
7. Se recomienda también que sea creada una institución encargada de planificar, organizar y ejecutar la educación en materia de incendios, dirigida a todas las empresas del país.
8. Es necesario también que alguna organización del Estado, organice, planifique y ejecute sistemáticamente la investigación de causas de incendio en las industrias de nuestro país, ya que esta información es necesaria para la instalación de un programa de educación en materia de incendios dirigida a las empresas guatemaltecas.
9. El Cuerpo de Bomberos Voluntarios es la institución que actualmente posee la mayor parte de compañías en el interior del país; es necesario reforzar este cuerpo de bomberos o reforzar las otras organizaciones existentes ya en el país, para lograr una cobertura adecuada, a fin de combatir con éxito los incendios en nuestras empresas.



## ANEXOS

## - Formulario de inspección:

El siguiente formato de inspección tiene muchos usos, por ejemplo: puede ayudar a la persona que inspecciona que riesgos puede buscar, que la distancia entre las cabezas de los rociadores y el obstáculo más cercano debe ser al menos de 46 centímetros etc.; el formulario puede ser usado, semanal, quincenal o mensualmente y deberá ser utilizado únicamente por personas capacitadas en el área de protección contra incendios.

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Persona que inspecciona: \_\_\_\_\_

AREA DE LA PLANTA	SI	N O	OBSERVACIONES
SISTEMA DE ALARMA			
Operacional			
Accesible			
Visible			
DETECTORES			
Operacional			
Despejados			
Sin pintura			
EXTINTORES			
Sin obstrucciones			
Cargados totalmente			
En su lugar			
Inspeccionados y sellados			
MANGUERAS DE HIDRANTES			
Conectadas a la boquilla			
Secas			
Longitud suficiente			
Accesibles			
SEGURIDAD HUMANA			
Medios de salida despejados			

AREA DE LA PLANTA	SI	N O	OBSERVACIONES
Salidas señalizadas			
Salidas libres y despejadas			
Salida de emergencia despejada			
Iluminación adecuada de las salidas			
Iluminación de emergencia en buen estado			
Puertas de escaleras de incendio despejadas			
OTRA PROTECCION AUTOMATICA CONTRA INCENDIOS			
Seguir recomendaciones del fabricante			
RIESGOS ELECTRICOS			
Cordones de extensión no averiados			
Sin cortos			
Cajas cerradas			
Sin alambre pelados			
Cables sueltos (deben estar en canaleta por ejemplo)			
OTRAS FUENTES DE CALOR			
Operaciones de corte y soldadura controlados			
Fuentes de calor por fricción controlados			
POLITICA DE FUMAR			
Permitido fumar únicamente en áreas autorizadas			
Area de fumar claramente demarcada			
ORDEN Y LIMPIEZA			
Medios de salida libre de desperdicios			
Basura en contenedores apropiados			
Metales de empaque en recipientes cubiertos			

AREA DE LA PLANTA	SI	N O	OBSERVACIONES
Desagües del piso			
<b>PUERTAS CORTA FUEGO</b>			
Operacionales			
No obstruidas			
Eslabones fusibles limpios			
<b>ROCIADORES AUTOMATICOS</b>			
La válvula está abierta			
Indicadores			
Cabezas limpias y sin pintura			
Sin obstrucciones dentro de 46 centímetros			
<b>LIQUIDOS INFLAMABLES</b>			
Recipientes de seguridad			
Armarios de almacenamiento			
Bodegas de almacenamiento			
Recipientes conectados a tierra			
Recipientes aislados			
Ventilación			
Espacio libre de los rociadores de 92 centímetros			
Cables aislados			
Sistema eléctrico a prueba de explosión			
<b>ALMACENAMIENTO GASES INFLAMABLES</b>			
Cilindros encadenados			
No cerca a la salida o ruta de evacuación			
Recipientes tapados			
Localización de áreas seguras			
<b>EQUIPO PRODUCTOR DE CALOR</b>			
Seguir instrucciones del fabricante			

- **SEÑALIZACION INTERNACIONAL**

Existen ciertas normas que se deben seguir en la señalización de los sistemas de extinción contra incendios; éstas se basan en la normalización de colores de los elementos, así como también para la señalización de sus ubicaciones; estos colores son los siguientes:

ELEMENTO	DESCRIPCION DEL COLOR
<b>RUTAS DE EVACUACION</b>	
Pasamanos de escaleras	Pintura fluorescente, o cintas 3M fluorescentes.
Rótulos de información de salidas de emergencia.	Fondo azul, con letras y figuras en color blanco.
Fuertas corta fuego	Rojo berbellón
Area sobre el suelo alrededor de las puertas corta fuego	Area pintada de amarillo, para la señalización de eliminación de obstáculos.
Señalización de puertas de salidas de emergencia	Fondo azul con letras y figuras en color blanco.
Alarmas contra incendios	Líneas color rojo berbellón pintadas alrededor del elemento, sobre la pared.
Rótulo de identificación de alarmas contra incendios	Fondo rojo berbellón, con figura o letras blancas.
<b>EQUIPOS PRIMEROS AUXILIOS</b>	
Rótulos de señalización	Fondo verde con letras y figuras en color blanco.
<b>EXTINTORES</b>	
Pintura de la figura del extintor en la pared.	Pintura del elemento en color rojo berbellón en la pared donde está situado.
Alrededor del extintor	Líneas amarillas (optativo).
En la parte del suelo que se encuentra debajo del extintor	Area pintada de amarillo, para señalización de área fuera de obstáculos.

ELEMENTO	DESCRIPCION DEL COLOR
Rótulo de identificación	Fondo color rojo berbellón, con letras o figura en color blanco, el rótulo debe colocarse en la pared de arriba del extintor de tal forma que pueda ser visto fácilmente a cierta distancia.
<b>ROCIADORES y TOMAS FIJAS DE AGUA</b>	
Tubería de abastecimiento	Rojo berbellón
Bomba contra incendios	Rojo berbellón
Gabinetes	Rojo berbellón
Area sobre el suelo, debajo del gabinete	Area amarilla para señalización de eliminación de obstáculos.
Sistema de alarma de paso de agua	Rojo berbellón
Cabeza del rociador	NO DEBE DE PINTARSE de este modo; el fusible puede funcionar a la temperatura a la cual fue programado.
Hidrantes	Rojo berbellón
Areas peligrosas, así como almacenamiento de gases y líquidos inflamables	Rótulos fondo amarillo con figura o letras en color negro.

## GLOSARIO

1. **CO<sub>2</sub>:**

Conocido también como bióxido de carbo, dióxido de carbono y anhídrico carbónico; es un producto de la combustión.

2. **Extintor:**

Es un cilindro cuyo contenido es un agente extintor, constituye la primera línea de defensa contra el fuego y debe instalarse independientemente de cualquier otra medida de control.

3. **HIDRANTE:**

Constituyen tomas fijas de agua de la red de tuberías contra incendios.

4. **NFPA:**

Es la National Fire Protection Association, organización creada en los Estados Unidos para la reglamentación, y normalización de protección contra incendios.

5. **Rociador automático:**

Los rociadores automáticos son dispositivos termosensibles diseñados para reaccionar a temperaturas predeterminadas, y producir en forma automática la liberación de un chorro de agua que distribuyen en formas y cantidades específicas sobre zonas designadas.

6. **Tubería húmeda:**

Es la red de tuberías de abastecimiento de agua, tanto para hidrantes, como para rociadores automáticos que se encuentra llena de agua a una presión determinada en todo momento.

7. **Tubería Seca:**

Es la red de tuberías de abastecimiento de agua tanto para hidrantes como para rociadores automáticos que se encuentra vacía. Esta tubería se llena de agua hasta el momento en la cual ésta es empujada por algún sistema de bombeo activado en caso de incendio.