



Universidad Nacional
Autónoma de México
Facultad de Química

*Criterios empleados en
el diseño de sistemas
contra incendio*

T r a b a j o E s c r i t o
Vía Cursos de Educación Continua
que para obtener el título de

Ingeniero Químico

P r e s e n t a

David Fragoso Osorio



México, D. F.

2004



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

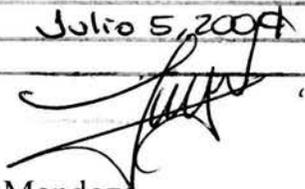
ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

1074-27-12
1974

autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: David Fragoso Osorio

FECHA: Julio 5, 2009

FIRMA: 

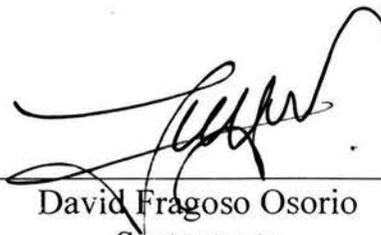
Jurado Asignado:

Presidente	Ing. León Coronado Mendoza
Vocal	M. en C. María del Rocío Cassaigne Hernández
Secretario	Ing. Marco Antonio Rivera Guzmán
1er. Suplente	M. en C. José Fernando Barragán Aroche
2do. Suplente	Dra. Sara Elvia Meza Galindo

Tema desarrollado en la Facultad de Química de la
Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, México D. F.



Ing. Marco Antonio Rivera Guzmán
Asesor del Tema



David Fragoso Osorio
Sustentante

Dedicatoria

*A mis padres,
José Fragoso y María de los Ángeles Osorio,
por todo su amor y esfuerzo.*

*A mis hermanos,
Alejandro, Rubén y Micaela,
con afecto.*

A Paola con ternura.

Agradecimientos

*... "Siempre ten a Ítaca en tu mente;
llegar allí es tu meta, pero no apresures el viaje.
Es mejor que dure mucho,
mejor anclar cuando estés viejo.
Pleno con la experiencia del viaje,
no esperes la riqueza de Ítaca.*

*Ítaca te ha dado un bello viaje.
Sin ella nunca lo hubieras emprendido;
pero no tiene más que ofrecerte,
y si la encuentras pobre, no fue Ítaca quien te defraudó
Con la sabiduría ganada, con tanta experiencia,
habrás comprendido lo que las Ítacas significan".*

Ítaca(fragmento), Konstantínos P. Kaváfis [1911]

A todos aquellos que de una forma u otra han hecho de éste, un viaje muy interesante...

A todos mis maestros y profesores por todo su empeño y dedicación. Con gran afecto a la Maestra Beatriz Serrano López, la verdadera responsable de encaminar mis primeros pasos hacia la química y por supuesto, al Ing. Marco Antonio Rivera Guzmán, al brindarme todo su apoyo y confianza. Una mención muy especial para la Dra. Carmen Varea Gilabert por su gran paciencia.

A mis sempiternos amigos Alejandro Macdonel Clark, Juan Andrey Zarur Jury, José Campos Terán, Esteban Pedernera Romano, Alejandro Guzmán Reyna y José Ignacio García de Presno García.

A Tania Colina y Helena Trueta por su sincera amistad.

Para Angélica Villa Vargas y Rosalía Preciado Meza, todo mi cariño.

Por aliviar todos aquellos ratos de ocio, a todos los margaros de la barda... Erich Maya, Fernando Pineda, Mauricio Lino, Robert, Jorge Farías, Pablo Traslosheros, Ricardo Urbina, Alito, Lobsang, Lala, Leonardo González, Manuel Espinoza, Leopoldo Enríquez, Antonio Mediavilla, Irán Trillo y de forma muy especial, Jorge Campos.

Finalmente a tantos buenos compañeros como Rafael, Fabiola, Gilberto, Norma, Pedro, Carolina, Jorge, Claudia, Leticia y a tantos otros cuyos nombres escapan de mi memoria, pero no su recuerdo.

Contenido

1. **Introducción, objetivos y alcance**
2. **Aspectos básicos del fenómeno del fuego y su extinción**
 - 2.1 **Aspectos básicos de los agentes y métodos de extinción**
 - 2.1.1 Clases de Fuegos
 - 2.1.2 El agua como agente extintor
 - 2.1.3 Uso de espuma como agente extintor
 - 2.1.4 Uso de gases como agentes extintores
 - 2.1.5 Agentes halogenados como agentes extintores
 - 2.1.6 Agentes químicos secos
 - 2.2 **Supresión temprana de incendios**
3. **Principales tipos de sistemas contra incendios y sus elementos**
 - 3.1 **Sistemas que hacen uso de agua como agente de extinción principal**
 - 3.1.1 Sistemas de rociadores
 - 3.1.2 Tipos principales de sistemas de rociadores
 - 3.1.3 Sistemas de agua pulverizada
 - 3.1.4 Tipos de sistemas de agua pulverizada
 - 3.1.5 Sistemas de extinción que hacen uso de espumas
 - 3.2 **Sistemas que hacen uso de otros agentes de extinción**
4. **Criterios básicos en el diseño de sistemas contra incendio**
 - 4.1 **Criterios en función del Tipo de riesgo**
 - 4.1.1 Clasificación de materiales por su tipo de almacenamiento
 - 4.2 **Definición de criterios para establecer el alcance de la protección**
 - 4.2.1 Prevención del fuego.
 - 4.2.2 Protección a la exposición de fuegos externos.
 - 4.2.3 Control.
 - 4.2.4 Supresión.
 - 4.3 **Aplicación de los criterios básicos de diseño**
 - 4.3.1 Criterios de diseño para un sistema de rociadores automáticos
 - 4.3.2 Criterios de diseño para un sistema de diluvio
 - 4.3.3 Criterios básicos para el uso de sistemas que utilizan espuma como agente extintor
 - 4.3.4 Criterios básicos para el uso de sistemas que utilizan otros agentes extintores
 - 4.4 **Importancia del conocimiento y uso de los criterios generales para el diseño de sistemas contra incendio**
 - 4.5 **Importancia de la cultura de la protección contra incendios en la industria**
5. **Conclusiones**
6. **Bibliografía**
7. **Anexos**

1. Introducción, objetivos y alcance

Nada es tan destructivo en cualquier instalación de la industria química [8, 12] como lo es un incendio por tanto se deben tomar todas las precauciones para prevenirlo, desde el momento mismo de su diseño. Los sistemas contra incendio, no sólo protegen la vida de las personas sino además ahorran dinero al reducir pérdidas de instalaciones y costos por seguros e inactividad de cualquier instalación de producción.

El objetivo de este trabajo es el de ofrecer una discusión concreta sobre los criterios básicos en el diseño de los sistemas contra incendio; la descripción de los principales sistemas así como el mostrar algunos de sus componentes más importantes.

Antes de discutir los elementos de diseño de un sistema contra incendio se revisarán algunos conceptos básicos del fenómeno del fuego, los agentes y métodos involucrados para su extinción.

Haré mención de los principales sistemas contra incendio y algunos de los elementos que los constituyen, haciendo hincapié en los de tipo acuoso dada su mayor aplicación: los diversos tipos de instalaciones de tipo húmedo, seco, de pre-acción y de los sistemas de diluvio. Como parte final de dicha revisión se verán algunos sistemas automáticos que no hacen uso del agua como agente extintor.

Previa a la conclusión de este trabajo, se discutirá el porqué el desarrollo de una cultura de protección contra incendios y la aplicación de los criterios de diseño en forma adecuada es de gran importancia tanto para la seguridad de las instalaciones que se desean proteger como para la comunidad a la que sirven.

2. Aspectos básicos del fenómeno del fuego y su extinción

Existe mucha información científica y empírica sobre los procesos de combustión [8] y su conocimiento es importante y necesario para entender el fenómeno del fuego y el cómo se extingue.

La combustión es una reacción exotérmica autoalimentada con presencia de un combustible en fase sólida, líquida y/o gaseosa. El proceso está generalmente (aunque no necesariamente) asociado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico con emisión de luz. Generalmente los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan antes de arder. La combustión de una fase gaseosa generalmente se produce con llama visible. A veces un sólido puede arder directamente en forma incandescente sin la presencia de flamas.

Las reacciones relacionadas con los incendios son a menudo complejas y no son conocidas por completo. Sin embargo, toda reacción de oxidación exige la presencia de un material combustible y de un agente oxidante. El agente oxidante más corriente es el oxígeno del aire, aunque hay ciertos productos químicos que son potentes oxidantes, como el nitrato sódico (NaNO_3) y el clorato potásico (KClO_3), que si se mezclan íntimamente con un combustible sólido o líquido, producen una mezcla que reacciona fuertemente.

Teniendo los elementos previos, la ignición constituye el fenómeno que inicia la combustión. La ignición se provoca al introducir una pequeña llama externa, chispa o elemento incandescente. Si no la provoca un foco externo, se denomina auto-ignición. La temperatura mínima que necesita alcanzar una sustancia para inflamarse representa la temperatura de auto-ignición. La temperatura de ignición provocada de una sustancia es mucho menor que la temperatura de auto-ignición.

Tales temperaturas mínimas y máximas son denominadas, respectivamente, temperatura mínima y máxima de inflamación. Si las temperaturas son inferiores a la temperatura más baja de inflamación, el vapor del combustible en la fase gaseosa, no es suficiente para permitir una ignición homogénea. En el caso de los líquidos contenidos en un recipiente abierto, la temperatura más baja que necesita para emitir vapores en proporción suficiente para permitir una combustión continua se denomina punto de inflamación. Esta temperatura generalmente es

superior en unos cuantos grados a la temperatura más baja de inflamación. Sin embargo, el fuego puede propagarse sobre líquidos cuyas temperaturas son muy inferiores a sus temperaturas de inflamación si existe previamente un foco de ignición, en cuyo caso existe un calentamiento superficial, de forma que la temperatura sobre el líquido se encuentra por encima del punto de inflamación, permitiendo el proceso de combustión.

Otro concepto importante a considerar en el manejo de productos químicos es el de si se trata de materiales estables o inestables. Los materiales inestables expuestos al aire, el agua, el calor, los golpes o presiones diversas se polimerizan, descomponen, condensan o reaccionan por sí mismos. Estos materiales pueden provocar explosiones violentas por lo que se pone especial atención en los métodos de manejo, transporte y almacenamiento para evitar desastres.

En tales casos, es muy importante conocer los factores que nos ayuden a evitar cualquier conflagración de estos materiales a través del conocimiento adecuado de sus mezclas inflamables. Tenemos por ejemplo, la descomposición de materiales como el acetileno, la hidracina o el óxido de etileno (EO)*.

2.1 Aspectos básicos de los agentes y métodos de extinción

Los factores que hemos mencionado y que dan origen al fuego; es decir, el calor, el combustible y el oxígeno, se han representado clásicamente a través del *Triángulo del Fuego* [3]. Esta representación era de ayuda para la comprensión de los diversos métodos para la extinción del fuego: al aislar cualquier elemento del triángulo de los otros componentes se le extingue.

Pero en épocas recientes, se ha encontrado que la extinción a través de la aplicación de productos químicos como los denominados “halones” tiene que ver con la absorción de radicales libres que inhiben las reacciones involucradas en la combustión. El descubrimiento de este cuarto modo de extinción hizo al triángulo obsoleto para tales agentes. El *Tetraedro del Fuego* [3], muestra ahora a través de cada una de las caras de dicho poliedro, los elementos que le dan origen.

* Para ver ejemplos del tipo de medidas y precauciones que se deben verificar para el manejo de sustancias altamente inestables, se recomienda por ejemplo visitar <http://www.ethyleneoxide.com>.

Criterios empleados en el diseño de sistemas contra incendio

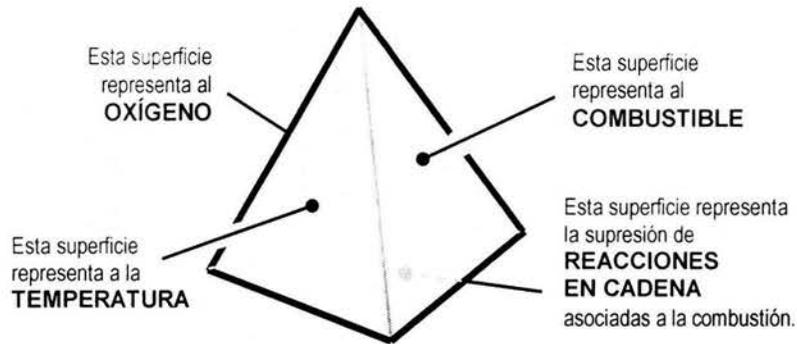


Figura 1. Descripción gráfica que muestra en las caras del Tetraedro del Fuego los elementos en los que tiene origen el fenómeno de la combustión [3].

Con lo anterior, los métodos de extinción se presentan como sigue:

1. Separar físicamente la sustancia combustible de la llama.
2. Eliminar o reducir la cantidad de oxígeno.
3. Reducir la temperatura del combustible (o de la llama).
4. Aplicar productos químicos que modifiquen la química de la combustión.

Cualquier técnica concreta de extinción puede incluir uno de estos mecanismos o varios de ellos simultáneamente y su importancia relativa variará según las circunstancias.

2.1.1 Clases de Fuegos

Se han clasificado los fuegos [8], en cuatro tipos de acuerdo a los agentes extintores básicos necesarios para combatir cada uno de ellos. Se muestra a continuación una tabla con tales agentes.

Clase	Principal Agente Extintor	Fuente del Fuego
A 	Agua	Fuegos de materiales combustibles sólidos comunes tales como: madera, papel, textiles, cauchos y plásticos termoestables.
B 	Polvos secos comunes, CO ₂ , espuma e hidrocarburos halogenados.	Fuegos de líquidos inflamables y/o combustibles, gases, grasas y plásticos termoplásticos.
C 	Sustancias extintoras que no sean buenos conductores de electricidad, CO ₂ y halones.	Esta categoría incluye los fuegos sobre componentes eléctricos energizados, como transformadores, motores, etc.
D 	Cloruro de Sodio y Grafito granulado.	Fuegos de metales como Magnesio, Sodio, Potasio, Circonio, Titanio, etc.

Tabla 1. Clases de fuegos y sus principales agentes extintores [8]

2.1.2 El agua como agente extintor

El agua es el mejor agente extintor para la mayoría de los fuegos [1, 2, 8]. El agua tiene un alto calor de evaporación; por lo menos cuatro veces mayor que el de cualquier líquido no inflamable. No es tóxica. Se puede almacenar a presión a temperaturas normales y su punto de ebullición está muy por debajo de la temperatura de pirólisis de la mayoría de los sólidos combustibles, por lo que el enfriamiento por evaporación de la superficie de pirolización resulta muy eficaz. Ningún otro líquido posee todas estas propiedades, además de un precio razonable.

Sin embargo, no es un agente extintor perfecto. Se congela, conduce la electricidad y puede estropear algunos bienes materiales de manera irreversible. No resulta totalmente eficaz en incendios de líquidos inflamables, sobre todo de los insolubles en agua y que flotan en la misma, como los hidrocarburos. No es compatible con ciertos metales calientes o ciertos productos químicos.

2.1.3 Uso de espuma como agente extintor

La espuma contra incendios [1, 3, 8] es una masa de burbujas formada a partir de soluciones acuosas. Al ser muy ligera, la espuma flota sobre cualquier líquido inflamable formando una capa continua de material acuoso, aislando la superficie del combustible en ignición, logrando además un efecto de enfriamiento.

Las espumas contra incendios tienen varias formulaciones para que actúen como agente-extintor. Algunas son espesas y viscosas, formando mantas “duras” resistentes al calor sobre la superficie del líquido que se quema y sobre superficies verticales. Otras son más “líquidas” y se extienden más rápidamente. Algunas forman una capa de vapor de una solución acuosa que la aísla del exterior y otras están hechas para utilizarse en forma de gran volumen de “gotas” de gas húmedo que inundan las superficies y llenan huecos difíciles de alcanzar. En términos generales las espumas se clasifican de acuerdo a su capacidad de expansión; es decir, de baja, media y alta expansión.

Si se desconoce la naturaleza del líquido, también es preferible una espuma acuosa a la aplicación directa de agua. Una de sus mayores limitantes es que al ser conductoras de electricidad, no se recomiendan para el ataque de fuegos eléctricos.

Aunque “no hay una base teórica que sirva como punto de referencia perfecto sobre las cantidades necesarias de espuma a aplicar en los distintos tipos de incendio, lo único que se puede hacer es acudir a la experiencia o a las pruebas empíricas”[†].

2.1.4 Uso de gases como agentes extintores

Se aprovecha el uso de ciertos gases [1, 3, 8] como agentes extintores mediante la dilución de la concentración de oxígeno en los alrededores del fuego para lograr así extinguirlo. Se menciona su uso como básicamente “inerte” en el sentido de que no contribuye al fenómeno de la combustión en la mayoría de los incendios comunes. El gas más utilizado es el dióxido de carbono (CO₂), aunque también se utilizan el nitrógeno (N₂) o el vapor de agua. Teóricamente se pueden utilizar los gases inertes más conocidos como el helio (He), el neón (Ne) o el argón (Ar), pero son caros y no hay razón para utilizarlos; excepto, en determinados casos especiales como en los incendios de magnesio.

El O₂ y el N₂, en cantidades suficientes evitan la combustión de prácticamente cualquier material a excepción de ciertos metales o productos químicos inestables como los pirotécnicos, los propelentes sólidos de los cohetes y la hidracina, entre otros.

Sin embargo, la adición de dióxido de carbono o de nitrógeno reduce el nivel de oxígeno hasta un punto en el que las personas que se puedan encontrar alrededor pueden sufrir efectos nocivos o incluso mortales. La aplicación de un gas inerte puede extinguir la llama que se crea sobre un líquido o un sólido, pero si el gas inerte se disipa después de algunos minutos, como sucede si el lugar donde se aplica no es hermético, el fuego puede reiniciar si no se tiene el cuidado adecuado debido a una brasa o metal caliente.

2.1.5 Agentes halogenados como agentes extintores y agentes limpios

El término Halon, proviene de la descripción química en inglés, “*HALogenated hydrocarbON*”. Los agentes extintores halogenados o halones son productos químicos derivados del metano o del etano, en los que algunos hidrógenos han sido sustituidos por flúor, cloro o bromo. Los agentes

[†] “Teoría de la extinción del fuego”, Raymond Friedman, Manual de Protección contra Incendios [8], pag. 84.

halogenados más conocidos son el Halon 1301 (BrCF_3 , bromotrifluorometano) y el Halon 1211 (BrClCF_2 , bromoclorodifluorometano).

Los agentes halogenados [3] se pueden usar sobre fuegos similares en los que se aplica el CO_2 . Por ejemplo, en los fuegos eléctricos, en casos en los que el agua o los productos químicos secos podrían causar daños o para inundar una habitación o compartimiento con gas inerte. Estos agentes tienen dos ventajas principales sobre el CO_2 :

- Algunos de ellos son eficaces en concentraciones volumétricas tan pequeñas que, incluso en una habitación inundada, quedaría suficiente oxígeno para poder respirar normalmente.
- Algunos agentes halogenados al liberarse en el medio ambiente, en los primeros momentos, sólo sufren una evaporación parcial después de salir de la boquilla de suministro, por lo que el líquido se puede proyectar a mayor distancia que el CO_2 .

Los inconvenientes de usar agentes halogenados están relacionados con la toxicidad y corrosividad de sus subproductos y con el efecto adverso que tienen sobre la capa de ozono. La descomposición de los agentes halogenados sucede por la exposición directa a las llamas o a altas temperaturas y en términos generales, tales compuestos son el fluoruro de hidrógeno (HF), bromuro de hidrógeno (HBr), el cloruro de hidrógeno (HCl), así como bromo y cloro libre. Se evita la generación de la mayor parte de tales subproductos atacando al fuego en su fase inicial, cuando el fuego todavía es pequeño.

El Protocolo de Montreal[‡] es un acuerdo internacional firmado en 1987 que intenta reducir la producción y uso de los agentes químicos que destruyen la capa de ozono. Tras la confirmación de la destrucción de la capa ozono por los hidrocarburos halogenados, se hizo urgente terminar la producción de éstos productos químicos, por lo que comenzó la búsqueda de nuevos agentes que los sustituyeran, los cuales se han denominado como “Agentes Limpios”.

Se define un agente limpio como un aquel que no conduzca la electricidad, que sea volátil o

[‡] “The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer, Final Act, United Nations Environment Program”, HSMO, CM977, Septiembre 1987 [3].

gaseoso y que no deje residuos tras su evaporación. Tales agentes se dividen en dos categorías: gases inertes y agentes halocarbonados. De éstos últimos, una de sus principales desventajas es su poca confiabilidad después de largos períodos de almacenamiento (máximo 5 años). Se muestran en la siguiente tabla algunos de tales compuestos.

Descripción Genérica	Composición general	Fórmula Molecular
FC-3-1-10	Perfluorobutano	C ₄ F ₁₀
HCFC Mezcla A	Diclorotrifluoroetano (HCFC-123, 4.75%p), Clorodifluorometano (HCFC-22, 82%p), Clorotetrafluoroetano (HCFC-124, 9.5%) e Isopropenil-1- metilciclohexeno (3.75%p)	CHCl ₂ CF ₃ CHClF ₂ CHClFCF ₃
HFC-125	Pentafluoroetano	CHF ₂ CF ₃
HFC-23	Trifluorometano	CHF ₃
HFC-236fa	Hexafluoropentano	CF ₃ CH ₂ CF ₃

Tabla 2. Ejemplos de algunos compuestos carbohalogenados utilizados como agentes de extinción “limpios”
FUENTE: [3] pag. 102.

2.1.6 Agentes químicos secos

Los polvos químicos secos [3, 8] suponen una alternativa al CO₂ y a los halones para la extinción de los fuegos sin utilizar agua. Estos polvos, que tienen de 10 a 75 micras de tamaño, se proyectan por medio de un gas inerte. De los siete tipos de polvos químicos secos que se utilizan, sólo uno, el fosfato monoamónico es eficaz en los incendios profundos debido a la película vítrea de ácido fosfórico que se forma sobre la superficie combustible. Todas las formas de polvo químico seco actúan suprimiendo la llama.

Nombre químico	Fórmula	Nombre Comercial
Bicarbonato de Sodio	NaHCO ₃	
Cloruro de Sodio	NaCl	Sal común
Bicarbonato de Potasio	KHCO ₃	Púrpura K
Cloruro de Potasio	KCl	Super K
Sulfato de Potasio	K ₂ SO ₄	Karate macizo
Fosfato monoamónico	(NH ₄)H ₂ PO ₄	ABC
Urea + bicarbonato de potasio	NH ₂ ·CO·NH ₂ + KHCO ₃	Monnex

Tabla 3. Agentes Químicos Secos de mayor uso en el combate contra incendios. FUENTE:[8], pag. 89.

Una razón por la que los agentes químicos secos no son tan populares es que cualquiera de ellos produce corrosión, aún con el sólo contenido de agua en el aire. Aunque la aplicación de estos agentes sobre fuegos eléctricos no reviste ningún problema, pueden perjudicar con suma facilidad los equipos eléctricos. La aplicación más común de los agentes químicos secos es en incendios de líquidos inflamables relativamente pequeños.

Su eficacia depende del tamaño de las partículas. Cuanto más pequeñas sean, menos agente se necesita, ya que —como se cree— se deben evaporar rápidamente en la llama. Sin embargo, si esas partículas fueran demasiado finas, sería difícil que se dispersaran sobre el fuego.

Aunque la primera acción es probablemente la eliminación de compuestos activos que promueven la combustión, también inhiben la combustión absorbiendo calor, impidiendo la transmisión de energía radiante y —en el caso del fosfato monoamónico, formando una capa dura sobre la superficie combustible.

2.2 Supresión temprana de incendios

Para un combate eficiente de los incendios, un objetivo primordial es la supresión temprana [3, 5] de los mismos, tanto en la detección como en el ataque adecuado mediante la aplicación correcta de un agente extintor.

Existen dos conceptos importantes denominados Densidad Requerida a Suministrar (DRS) y Densidad Actualmente Suministrada (DAS). En el caso de uso de agua como agente extintor, la DRS es la cantidad de agua necesaria para suprimir el fuego en la superficie del combustible que arde y depende del tipo de combustible y el arreglo en que se encuentre. En caso de un incendio, cuando aumenta la Rapidez de Liberación de Calor (RLC) del fuego, la DRS lo hace de la misma forma.

La cantidad de agente suministrado depende del tipo de diseño del equipo que suministra el agente (el tamaño de las gotas que produce por ejemplo) y la velocidad de suministro al salir del mismo (presión y orientación). Al incrementarse la rapidez de liberación de calor del incendio, es decir, entre más grande se hace el fuego menos cantidad de agente es capaz de alcanzar la superficie del combustible ardiente: la DAS disminuye.

Este comportamiento se puede observar en la siguiente gráfica en la cual se muestran estas variables con respecto a la Rapidez de Liberación de Calor para un incendio dado. Se busca que ambas curvas puedan interceptarse. El punto de intersección se denomina “Punto de Supresión”.



Figura 2 Gráfica típica en donde se muestra el punto de supresión de un incendio en relación con la cantidad de agente extintor aplicado y la severidad del fuego [5].

Para un sistema contra incendios cualquiera, por ejemplo uno que utilice agua, si puede reaccionar ante el fuego antes de que se alcance el punto de supresión, probablemente podrá extinguir completamente el fuego debido a que más agua puede alcanzar la superficie del combustible. Sin embargo, si el sistema no reacciona sino hasta después de pasar dicho punto, entonces no se llevará a cabo la supresión directa y el sistema sólo permitirá —en el mejor de los casos— el control del fuego hasta la intervención externa para alcanzar la extinción final, por ejemplo mediante el cuerpo de bomberos.

Se puede representar de forma gráfica la liberación de calor en un incendio para observar la evolución del mismo. Dado que la rapidez de liberación de calor varía de acuerdo con el tipo de combustible, el arreglo de material y la disponibilidad de oxígeno entre otros factores, hacen de cada incendio un caso único. Esta representación por tanto se le conoce como la “firma del incendio” bajo las condiciones en las cuales se dio.

En tal gráfico, se podrán observar las diferentes etapas de un incendio: el período de incubación, de crecimiento, de decaimiento y consumo, hasta el punto de extinción.

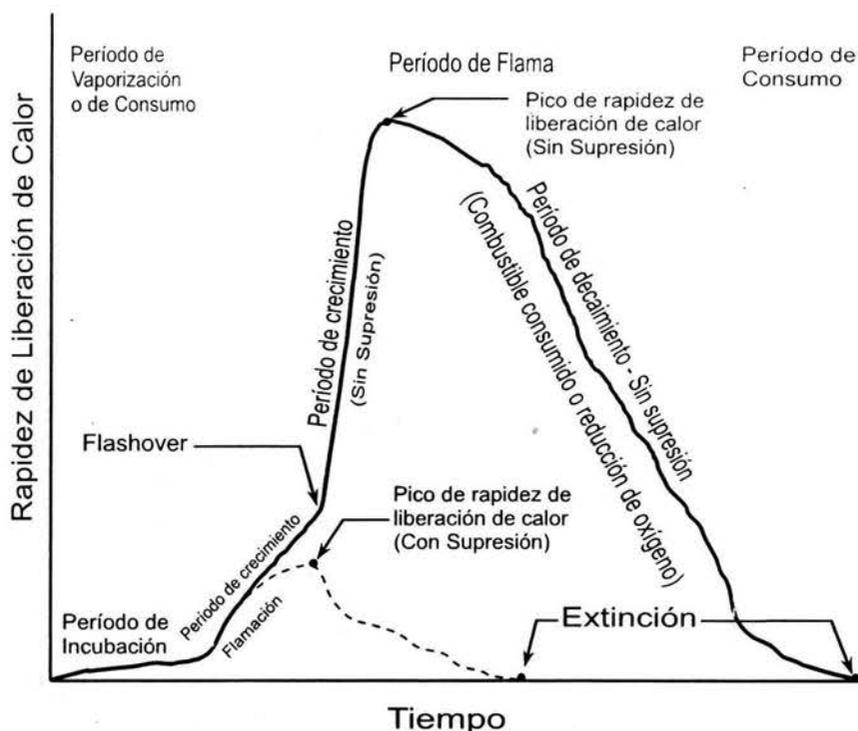


Figura 3 Ejemplos de “firma de fuego”: sin extinción y con extinción. FUENTE: [3] pag. 23.

De manera similar, se puede trasladar la variación de la rapidez de liberación de calor para el caso de un incendio en el cual la misma hipotética instalación ha sido protegida por un sistema contra incendio y que responde con la aplicación efectiva de algún agente extintor. Se puede ver como, al detectar el incendio en etapas más tempranas, la eficacia para extinguir el incendio es mayor y el daño que se produce, menor.

El uso y análisis de este tipo de datos generados por laboratorios especializados en pruebas a gran escala, así como de diversos organismos y compañías involucradas en el tema del combate contra incendios ha sido muy importante en el desarrollo de nuevos y modernos equipos para el suministro adecuado de agentes extintores para lograr la extinción temprana de incendios.

En el mismo sentido son los esfuerzos en el desarrollo de nuevos equipos de detección cuya aplicación es de mayor uso es en sistemas especializados como por ejemplo para la protección de sistemas de cómputo a base de agentes no acuosos y cuya diferencia en tiempo de actuación y extinción se puede ver en forma general en la siguiente gráfica.

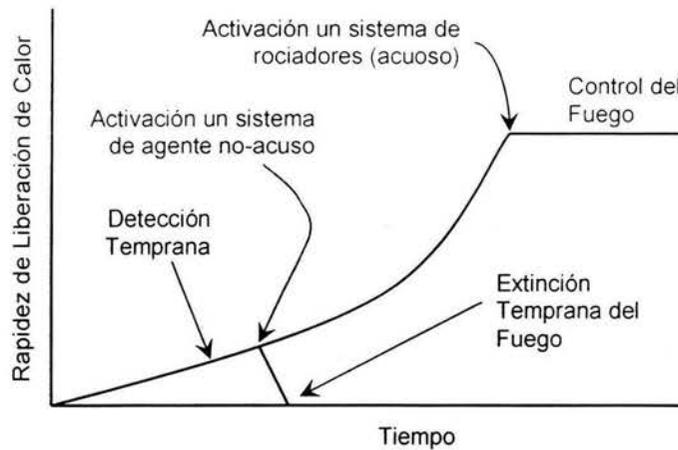


Figura 4 Comparación de actuación de dos sistemas contra incendio en relación al tiempo de detección - activación de cada sistema. FUENTE: "Fire Protection in Telecommunication and EDP Fire Protection in Telecommunication and EDP, Facilities: A Comparison of Halocarbon and Facilities: A Comparison of Halocarbon and Preaction Sprinkler Systems", Robin, M.L., Harry, L.D. Conferencia en "NFPA, World Safety Conference & Exposition", Dallas, TX., Mayo 19, 2003.

Evidentemente las características de cobertura, los costos de instalación y mantenimiento sólo son posibles para la aplicación de tales sistemas en pequeñas instalaciones, ciertos equipos o materiales cuya pérdida se equipare con tales costos.

3. Principales tipos de sistemas contra incendios y sus elementos

Un sistema contra incendio es aquel sistema diseñado para detectar y contener o suprimir un fuego, así como limitar la extensión del daño y proteger vidas humanas [8].

En términos generales, los sistemas contra incendio se pueden clasificar de forma general de acuerdo al tipo de agente extintor que utilizan: aquellos que hacen uso de agua como agente extintor y los que hacen uso de otros agentes y que son conocidos también como de suministro limitado.

3.1 Sistemas que hacen uso de agua como agente de extinción principal

Este tipo de sistemas es de uso universal y no sólo para el caso de instalaciones de tipo industrial. Los tipos principales son los sistemas de rociadores, los sistemas de agua pulverizada y los sistemas de espumas [1].

3.1.1 Sistemas de rociadores

Se define un sistema de rociadores [9] como un sistema instalado en un edificio, estructura o área, con fines de protección contra incendio y que se encuentra integrado por una red de tuberías (especialmente diseñada y dimensionada hidráulicamente) a la cual se le anexan los rociadores en un patrón sistemático y cuya instalación incluye uno o más suministros automáticos de agua.

Dicha red de tubería puede incluir tanto instalaciones subterráneas como aéreas, pero los rociadores se encuentran conectados a intervalos específicos a lo largo de la tubería que se encuentra suspendida sobre el área protegida.

En términos generales un sistema de rociadores está integrado por los siguientes componentes: rociadores, dispositivos de alarma (hidráulicos o eléctricos), una válvula de paso (seccionamiento), una válvula de actuación, líneas de tuberías y soportes

Los rociadores automáticos son dispositivos termo-sensibles diseñados para reaccionar a temperaturas predeterminadas produciendo en forma automática la liberación de un chorro de

agua y que se distribuye en formas y cantidades específicas sobre zonas designadas. Se podrá observar una clasificación de los rociadores y algunas de sus características principales en el ANEXO 1.

El puesto de control de un sistema rociadores es el conjunto de los elementos que permiten la operación del sistema y dispone al menos, dependiendo del tipo de instalación, de una válvula de paso, una válvula de alarma, un sistema de drenaje así como de los correspondientes dispositivos de alarma.

La válvula de control de paso o seccionamiento normalmente se encuentra abierta para el funcionamiento del sistema y manualmente se cierra para realizar operaciones de revisión y mantenimiento en el sistema.

La válvula de actuación o válvula de alarma controla la alimentación de agua al sistema de tubería que tiene instalados los rociadores y está localizada en la tubería principal de alimentación vertical (mejor conocida como “riser” en inglés) en el puesto de control del sistema de rociadores. A través de una válvula de seccionamiento se conecta al suministro y controla la descarga y presión de agua en la instalación, acciona una alarma cuando está en operación y dispone de conexiones para pruebas y drenaje del sistema. En términos generales y aunque existen diversos modelos y tipos de configuraciones de válvulas de alarma, se pueden clasificar en tres grandes grupos, de acuerdo al mecanismo de apertura: de tipo húmedo, de tipo seco y para sistemas de diluvio. Se muestra en el ANEXO 3 ejemplos de este tipo de válvulas. Cada una de estas válvulas es de uso específico para cada uno de los sistemas de rociadores que se tratarán más adelante.

El propósito de un sistema de rociadores es doble: tanto de control de fuego como de detección y alarma [8]. La extinción es conseguida al abrir un rociador y la de detección y alarma al fluir agua en el sistema a través de un circuito hidráulico de alarma o bien con un interruptor de presión o un detector de flujo.

Finalmente, la selección de tubería apropiada y sus accesorios de conexión para los sistemas contra incendio debe merecer una evaluación cuidadosa, no tan sólo por las condiciones del medio ambiente en donde se instalará la tubería sino también por la naturaleza del riesgo que el

fuego puede producir sobre ella. Por ello, se deberá poner atención a la selección de un tipo particular de tubería y el tipo de soportería que se debe utilizar.

Se podrán observar en el ANEXO 3, los diversos modelos de válvulas de alarma o actuación. Los demás elementos constituyentes de los sistemas contra incendios, de los que se ha hecho mención, se pueden observar en el ANEXO 4.

3.1.2 Tipos principales de sistemas de rociadores

Los tipos de sistemas de rociadores [2] que se utilizan se denominan de tipo húmedo, de tipo seco y sistemas especiales de pre-acción. Se podrá observar en el ANEXO 5 gráficos que muestran los principales tipos de sistemas de rociadores.

Un sistema de rociadores de tubería húmeda contiene agua a presión en su red de tuberías. De esta forma, el agua es descargada instantáneamente desde un rociador al ser actuado bajo condiciones de fuego, es decir, no posee retardo en su aplicación. Debido al hecho de que no es necesario ningún otro elemento de detección más que el rociador y a que el único lugar por donde se descargará agua es por los rociadores accionados, lo hace el sistema más comúnmente empleado. Un sistema de rociadores de tubería mojada puede instalarse en cualquier zona no expuesta al riesgo de heladas. La adición de estas soluciones anticongelantes se debe hacer tomando en cuenta que el agua del sistema no será mezclada con ningún suministro o red de agua potable.

En aquellas situaciones en donde las bajas temperaturas puedan causar que el agua se pueda congelar en la tubería, la solución típica es el uso de un sistema de tipo seco. Estos sistemas son presurizados con aire o nitrógeno. Estos sistemas utilizan una válvula de alarma especial, denominada válvula seca. Al actuar el rociador, el aire a presión escapa y, por la consecuente disminución de presión en el sistema, se abre la válvula para tubería seca permitiendo llenar todo el sistema de tuberías hasta llegar al rociador activado. Sin embargo, este “vaciado” de aire tiene como consecuencia un cierto retraso en la descarga de agua.

Los sistemas de pre-acción son sistemas de rociadores que pueden ser, de acuerdo al nivel de seguridad en cuanto a la liberación del agua en el área protegida, sencillos o dobles. Ambos tipos de sistemas tienen rociadores cerrados y tuberías llenas con aire presurizado que sirven para

supervisar el sistema.

El sistema de detección se diseña para prevenir la descarga de agua en el caso de una falsa alarma del sistema de detección o en caso de que un rociador pudiera tener un fallo mecánico y evitar que el sistema de tuberías pueda llenarse de agua en forma inadvertida.

En los sistemas de pre-acción, antes de que se descargue agua sobre el posible fuego, deben darse dos circunstancias: en primer lugar debe activarse el sistema de detección y actuar sobre una válvula de alarma especial denominada válvula de diluvio, permitiendo que se llenen las tuberías de agua, aunque no se descargue hasta que abra algún rociador (segunda circunstancia) al evolucionar el fuego.

3.1.3 Sistemas de agua pulverizada

El término de agua pulverizada (“*Spray Water*”) se refiere al uso de agua de forma tal que tenga un cierto y predeterminado patrón, tamaño de gota, velocidad y densidad de descarga desde boquillas o instrumentos especialmente diseñados para ello. Los sistemas fijos de agua pulverizada son aplicados generalmente en sistemas que presentan problemas especiales de protección contra incendios. Estos sistemas pueden ser diseñados específicamente para proporcionar un efectivo control del fuego, extinción, prevención o protección a la exposición de fuegos externos. Estos sistemas pueden ser independientes o suplementarios de otros sistemas o formas de protección.

El diseño de sistemas específicos puede variar considerablemente dependiendo de la naturaleza del riesgo y del propósito básico de protección. Dado lo anterior, así como la amplia elección de propiedades de las boquillas de pulverización, estos sistemas deben ser completamente diseñados, instalados y mantenidos como únicos.

Aunque muchos de los elementos que conforman un sistema de agua pulverizada son similares a los utilizados por los sistemas de rociadores, se utilizan dos que le son inherentes: boquillas de pulverización (“*spray nozzles*”) y válvulas de diluvio. Generalmente se dispone de varios modelos de boquillas en función de la aplicación y por la forma de su descarga. En el ANEXO 2 se pueden observar varios tipos de estas boquillas para algunas aplicaciones específicas.

3.1.4 Tipos de sistemas de agua pulverizada

Los principales tipos de sistemas de pulverización [3] de agua son conocidos como sistemas de “diluvio” o de inundación total y los sistemas de neblinas de agua.

Un sistema de diluvio es un sistema fijo de tubería “vacía” o seca y el cual inunda totalmente el área protegida con agua a presión a través de un sistema de tuberías y de rociadores abiertos o boquillas.

La válvula de diluvio en un sistema con boquillas o rociadores abiertos, debe ser activada ya sea por un sistema de liberación manual, de detección de temperatura fija, de aumento de temperatura, detección por radiación, detección de humo o gases combustibles, de detección de vapores peligrosos o de incremento de presión.

Una vez que el sistema es activado, el agua fluye a través de todas las boquillas en forma simultánea. Los sistemas de diluvio requieren por tanto que el diseño de la tubería sea calculada en forma precisa, tanto para el suministro de agua como en el drenaje.

Un sistema de neblina es un sistema automático contra incendio que utiliza agua como agente extintor y que puede ser efectivo tanto en la extinción, supresión, control y protección a la exposición de fuego y que puede ser utilizado como sistema de inundación total (lo que involucra el llenado completo de un recinto cerrado) o como sistema de aplicación local (aplicación directa sobre un equipo o zona particular).

El factor clave de estos sistemas se basa en la generación de una pulverización de agua de gran finura, alcanzándose tamaños de gota menores a 200 micras, lo que les da la capacidad de que el esparcido de agua se evapore y enfríen más efectivamente las llamas del incipiente incendio. Sin embargo, el factor clave para obtener tales tamaños de gota es la presión de descarga, siendo requeridos sistemas especiales de alta presión (del orden de los 500 psig o más).

3.1.5 Sistemas de extinción que hacen uso de espumas

El objetivo de las espumas es el de aislar a un combustible del aire del medio ambiente [3, 8]. Por el efecto mismo de suministro, la espuma se puede romper y su contenido de agua se evaporará. Por tanto, se debe aplicar sobre la superficie en combustión en volumen y velocidad

suficiente para compensar esa pérdida y que quede suficiente cantidad en forma de capa sobre la parte extinguida del líquido. No se consigue nada atacando sólo parte del fuego si al final el suministro de espuma se termina, pues entonces el fuego volverá a su intensidad original.

El proceso para la producción y aplicación de espumas de aire contra incendios requiere de tres operaciones distintas: un proceso de dosificación del agente espumante, una fase de generación de espuma y un método de distribución.

En la primera parte de dicho proceso dependiendo de las necesidades de demanda, se pueden utilizar procedimientos tan simples como dosificación por inducción tipo Venturi desde un simple depósito con el concentrado, utilizar depósitos a presión (tanques hidroneumáticos) o hasta hacer uso de sistemas complejos de dosificación de presión.

En cuanto a la fase generadora de espuma, existen diferentes tipos generadores dependiendo del equipo o instalación a proteger. De esta forma se pueden encontrar cámaras de espuma para grandes depósitos de almacenamiento de combustibles que pueden alimentar al depósito en la periferia, en los diques; desde la parte superior, intermedia o desde abajo del tanque mismo.

Los sistemas que utilizan espuma de baja expansión, consisten generalmente en combinaciones de sistemas de espuma pulverizada a través del uso de boquillas. Los que se pueden encontrar de forma frecuente en las instalaciones para proceso, almacenamiento y manipulación de líquidos inflamables y combustibles son los sistemas automáticos de rociadores de tiro aspirado. Ver ANEXO 2 para un ejemplo de boquillas de tipo aspirado. En el ANEXO 5 se puede observar un sistema típico de aplicación de espumas de baja densidad en combinación con un sistema de diluvio.

Los sistemas que generan espuma de media y alta expansión, pueden ser de inundación total o bien de aplicación local. Los generadores de espuma de media y alta expansión son de dos tipos: aspirados y soplados. El dispositivo de tipo aspirado utiliza chorros de solución agua-espuma, tomando considerables cantidades de aire para producir la espuma de media expansión. Para generar espuma de alta expansión se utiliza un ventilador o soplador de forma que la solución de espuma se descarga sobre una pantalla, a través de la cual pasa una corriente de aire, con lo que se forman grandes cantidades de burbujas.

3.2 Sistemas que hacen uso de otros agentes de extinción

Dado que el uso de agua como agente extintor no siempre es recomendado, ya sea porque es peligroso o bien puede provocar daños mayores en los equipos donde se aplica, por lo tanto se hace indispensable el uso de otros agentes extintores [8]. Estos sistemas hacen uso de agentes extintores como el CO₂, agentes halogenados y los agentes químicos secos. Se utilizan generalmente en sistemas de inundación total, de descarga prolongada, de aplicación local o bien, con tomas de suministro móvil.

Aunque en la actualidad se comienza a hacer uso de otros agentes denominados “limpios” ya que su liberación no daña la capa de ozono, su uso es aún muy limitado.

Estos sistemas consisten generalmente en depósitos de almacenamiento del agente y del gas impulsor, además de tuberías y mangueras para transportarlo hasta la zona de incendio, boquillas o difusores para asegurar su correcta distribución y los mecanismos de activación tanto manuales como automáticos.

Se pueden observar un par de ejemplos de sistemas de aplicación de agentes de extinción no acuosos en el ANEXO 5.

4. Criterios básicos en el diseño de sistemas contra incendio

Además de los conceptos derivados de la fenomenología del fuego, los siguientes son considerados los criterios básicos para diseño y selección de cualquier sistema contra incendio: el tipo de riesgo y el alcance de la protección.

4.1 Criterios en función del Tipo de riesgo

La “ocupación” es un concepto utilizado por la “*National Fire Protection Agency*” [9] (NFPA, organismo estadounidense especializado en la protección contra incendios) y es una función del nivel esperado de severidad de un fuego en cualquier instalación, dadas las densidades de carga de fuego que están asociadas con el uso particular de una instalación en particular. Dicha densidad de carga de fuego está relacionada así mismo con los objetos combustibles que se encuentran o manejan dentro de dicha instalación, en función del arreglo, la combustibilidad y la rapidez de liberación de calor de los materiales involucrados.

De tal forma y mediante el uso y análisis de la experiencia acumulada en la protección contra incendios se ha generado el criterio de la clasificación de riesgos por el tipo de “ocupación” y que básicamente agrupa diferentes tipos de instalaciones por la gravedad del fuego que se puede ocasionar en ellos y que por tanto, en cada caso, será necesario aumentar las medidas necesarias para asegurar una respuesta adecuada en contra de un evento de incendio.

Se puede ver en la tabla siguiente tanto las definiciones de cada uno de los riesgos, como el criterio en relación a las instalaciones de acuerdo al código NFPA 13, “*Standard for the Installation on Sprinkler Systems*” (Estándar sobre la instalación de Sistemas de Rociadores). De lo anterior podemos ver que una gran cantidad de instalaciones de tipo industrial, y sobre todo en la industria química, están dentro de la categoría de riesgo Extra y los de tipo Especial.

Riesgo	Definición	Criterios de asignación de riesgo por tipo de Instalaciones con usos y condiciones similares a:
LIGERO	Son aquellas instalaciones o porciones de ellas donde la cantidad y/o la combustibilidad del contenidos es baja y se esperan fuegos con relativamente bajas velocidades de liberación de calor.	Iglesias; clubes; oficinas, que incluyen procesamiento de datos; reclusorios; instituciones educativas; hospitales; Librerías, a excepción de estancias amplias de apilamiento; museos; dispensarios; usos residenciales; áreas de restaurantes y de consumo; teatros y auditorios, excluyendo los escenarios y el proscenio; áticos sin uso así como techos y terrazas de construcción combustible y sin áreas combustibles por debajo de ellas.
ORDINARIO	Grupo 1	Estacionamientos grandes de automóviles y demostración, panaderías, embotelladoras, enlatadoras, manufactura y procesamiento de leche; plantas de electrónicos, fabricación de vidrio y productos relacionados; lavanderías, áreas de servicio de restaurantes.
	Grupo 2	Molinos de cereales, plantas químicas ordinarias, productos confitados, destilerías, establos; peleteras; librerías con grandes áreas de apilamientos; talleres de fabricación metálica; fábricas y procesadoras de pulpa y papel; oficinas postales; impresión y publicaciones; garages de reparación de automóviles; áreas de aplicación de resinas; fabricación de textiles, fabricación de llantas; fabricación de productos de tabaco; madererías y plantas de fabricación de muebles.
EXTRA	Grupo 1	Hangares de aviones; fluidos hidráulicos combustibles (áreas de uso); fabricación de tintas, extrusión de metales, manufactura de madera chapada y conglomerados, impresión con tintas que tengan puntos de flash por abajo de los 38 °C; fabricación y usos varios de plásticos y vulcanizados; aserraderos; modificación y tratamiento de textiles: algodonerías, sintéticas y de lana.
	Grupo 2	Saturación de asfaltos, esparido de líquidos inflamables, recubrimiento por flujo, edificios y casas preensambladas con la presencia de donde acabados sellados y combustibles; enfriamiento abierto de aceites; procesamiento de plásticos; limpieza mediante solventes; barnizados y pintura por inmersión, etc.
ESPECIAL	Son aquellas instalaciones en las que el uso exclusivo de agua no garantiza la extinción del fuego.	Instalaciones de gases, líquidos o sólidos inflamables y/o combustibles, aerosoles, LPG, riesgos eléctricos y otros tipos de industrias con riesgos especiales.

Tabla 4 Criterios para la asignación de riesgos por tipo de ocupación de acuerdo a NFPA 13[9]

4.1.1 Clasificación de materiales por su tipo de almacenamiento

Otro aspecto de importancia que se debe tomar en cuenta para el diseño de los sistemas contra incendio y que está relacionado con el tipo de riegos, es la Clasificación de los Materiales en Almacenamiento [5]. Esta clasificación es importante debido al hecho de que el método de almacenamiento de materiales influye directamente en la capacidad de acción de un agente

extintor y por tanto en el diseo del sistema contra incendio. Por ejemplo, si un producto es encapsulado con algun plstico o no, genera problemas adicionales en el evento de un incendio ya que el plstico en la parte superior del empaquetamiento del almacenaje tiende a actuar como un escudo, manteniendo secos a los materiales en la cercanía del fuego.

		Descripción	Criterios de clasificacin de materiales para su almacenaje.
Clase	I	Son productos almacenados no-combustibles en una sola capa de cartones. Lo cual incluye productos metálicos y de vidrio colocados directamente en empaquetamientos de cartón y envueltos en materiales no combustibles o en papel como una sola unidad de carga	Cartones, bebidas alcohólicas embotelladas (hasta 20%) en metal, vidrio o cerámicas, electrodomésticos sin empacar, baterías (de tipo seco y para automóviles), botellas y jarras de vidrio (llenas con líquidos o polvos no-combustibles), cemento (en bolsas), fertilizantes-fosfatados (empacado), alimentos congelados (sin empaque plástico), pinturas (enlatadas y encartonadas), transformadores (secos y llenos con aceite).
	II	Así como aquellas de la clase I, pero que se encuentran sustancialmente más empacadas como flejes o cajas de madera o bien, cartones de múltiples espesores.	Bebidas alcohólica (hasta 20%) en contenedores de madera, electrodomésticos en cartón corrugado sin uso de plásticos, productos horneados congelados en cartones, Fertilizantes-nitrados (empacado), productos farmacéuticos (en píldoras o polvo tanto en botellas como en cartones), contenedores plásticos llenos de líquidos no-combustibles), productos avícolas (congelados en papel o charolas de plástico), productos de madera (apilados sólidos de leña).
	III	Son productos denominados como combustibles ordinarios (madera, papel, telas, ropas y cuero). Pueden tener una cantidad limitada de plásticos (5% máx. en peso o volumen)	Aerosoles (nivel 1), productos horneados (en cartones), granos y cereales (empacados en cartón), carbón para hornilla (en bolsa), pañales desechables, alimentos congelados en charolas de plástico, muebles de madera (sin coberturas plásticas ni recubrimientos espumosos), artículos de piel, películas fotográficas (en cartuchos metálicos), textiles (fibras naturales o sintéticas en mezclas de 50-50 o menos, pero no de Rayon ni Nylon).
	IV	Son aquellos productos almacenados de clase I, II o III con una apreciable cantidad de plástico o bien empaquetados de plástico (entre 5 a 15% en peso o entre 5 a 25% en volumen).	Municiones (armas pequeñas o escopetas en cartones), botellas o jarras de PET, licor (en botellas de plástico o de vidrio), esmalte de uñas (botellas de 2 oz. encartonadas), pinturas base aceite (latas y en cartón), pisos de Vinyl (balosas en cartones).
Plásticos	Grupo A	Plásticos con picos de relación de calor liberado y exceden los 1,500 BTU/ft ² -min. Estos plásticos bajo dos condiciones se consideran que pueden ser de Clase IV: si se considera como "libre de fluir" o si existe material que pueda retardar el involucramiento del plástico.	Acrílicos, cauchos butílicos, caucho natural (expandido), polietileno, polipropileno, PVC (plastificado). Ejemplos de productos almacenados que arden como plásticos tipo A: baterías (de camión – llenas o vacías), velas (empaquetadas en cartón), pañales (sin encartonar), margarina, colchones de espuma, leche en flejes de plástico, barniz de uñas.
	Grupo B	Plásticos cuyos picos de relación de calor liberado se encuentra entre los 1,000 a 1,500 BTU/ft ² -min.	Fluoroplásticos, Nylon, caucho a base de silicón, caucho natural (sin expandir).
	Grupo C	Plásticos cuyos picos de calor liberado es menor a los 1,000 BTU/ft ² -min.	PVC (rígido o ligeramente plastificado como accesorios de tubería), melamina (formaldehído de melamina), urea (formaldehído de urea).

Tabla 5. Criterios de clasificacin de materiales por su tipo de almacenaje [5].

4.2 Definición de criterios para establecer el alcance de la protección

El segundo criterio de importancia en el diseño de cualquier sistema contra incendio es su definición de Alcance de Protección [10], y el cuál se define a través de los siguientes conceptos básicos y se encuentran categorizados de acuerdo a la severidad del tipo de riesgo:

4.2.1 Prevención del fuego

En ocasiones es posible prevenir o impedir que se produzca un incendio empleando cortinas de agua pulverizada para disolver, diluir, dispersar o enfriar materiales inflamables.

4.2.2 Protección a la exposición de fuegos externos

La “protección contra fuegos externos por medio de la aplicación directa de agua pulverizada a las estructuras expuestas o al equipo cercano al incendio, para eliminar o reducir el calor que el foco de fuego les transmite”.

4.2.3 Control

El control de fuego es la “limitación del tamaño del mismo por medio de la distribución de agua de forma de tal que la liberación de calor decrezca y se pre-mojen los materiales combustibles, mientras se controla la temperatura de gases en el techo para evitar daños estructurales”. Lo anterior implica que se debe proveer un medio externo para proveer la extinción total del fuego.

4.2.4 Supresión

La supresión del fuego es la “reducción en forma pronunciada de la liberación de calor de un fuego, previniendo su reinicio por medio de la aplicación directa y suficiente de agua u otro agente extintor a través de la llama del fuego hasta la superficie del combustible que se quema”. Se puede alcanzar mediante enfriamiento, sofocación, por la acción emulsificante de algunos líquidos, por dilución en algunos casos, o por una combinación de todos estos factores.

En concordancia con estos alcances y el tipo de riesgo al que se debe enfrentar, la definición de un sistema contra incendios está lista para pasar a las etapas de ingeniería de detalle, más específicas para cada uno de ellos y evidentemente, que requieren estudios y consideraciones

tanto técnicas como económicas muy específicas por el tipo de agentes extintores que se deben manejar como de los equipos a utilizar.

4.3 Aplicación de los criterios básicos de diseño

Todos los conceptos anteriores forman el cuerpo de los criterios básicos para el diseño de cualquier sistema contra incendio y sirven para poder contrastar la efectividad de los diversos sistemas existentes que en similares condiciones pueden utilizarse para la extinción de incendios. Sin embargo y en última instancia, su selección dependerá —entre otros factores, o al menos así debería de ser tomado en cuenta— de una evaluación económica de la instalación y mantenimiento de tales sistemas (acuosos o no-acuosos) en comparación con el costo de las pérdidas materiales máximas permisibles, entendidas éstas como los costos involucrados tanto por las pérdidas materiales (tanto privadas como públicas), los costos necesarios para reestablecer las instalaciones a su estado original (y los involucrados en caso de limpieza de productos tóxicos en la industria química) como de los costos sociales por pérdidas, tanto humanas como de propiedades e instalaciones.

A continuación se mostrarán algunos criterios particulares para algunos sistemas contra incendio típicos y de amplio. Aunque similares en muchos de sus elementos y características, poseen detalles que requieren un enfoque ligeramente diferente para cada uno de ellos.

4.3.1 Criterios de diseño para un sistema de rociadores automáticos

De forma general, se utilizan los sistemas de rociadores en zonas de proceso y de almacenamiento y son diseñados típicamente para conseguir el “control del fuego” [11]. De tal forma, lo que se busca en forma primaria es “contener” el fuego en el sitio de origen y “controlar” la temperatura en el techo para evitar daño estructural.

Los puntos principales que se deben considerar para el diseño de los sistemas de rociadores son las siguientes:

1. Definir el alcance de la protección y el tipo de riesgo previsto para el área que se desea proteger. Estos aspectos son los que conceptualmente y en primer lugar, condicionan la efectividad de un sistema contra incendio al establecer los parámetros requeridos para

conseguir satisfacer la probabilidad de que el fuego quede controlado. Es aquí donde debemos considerar que la “cantidad de agua que hay descargar” y la rapidez con la que hay “que mojar” dependerá de lo que se encuentre en la instalación y el tipo de productos que se manejen o el como se almacenen —es decir, el tipo de riesgo. Lo anterior nos dará la pauta para verificar si la protección con un sistema de rociadores es adecuada o es necesario utilizar otros tipos de sistemas. Se utilizan tablas como las mostradas previamente.

2. Fijar la densidad de diseño y el área total sobre la que se actuará. Para el cálculo de los sistemas de rociadores automáticos se establece el supuesto de que para un riesgo definido, el sistema es capaz de controlar el incendio, descargando una cantidad de agua por unidad de área establecida y cubriendo una superficie fijada a priori. La definición del tamaño de esta superficie y de la cantidad de agua por área se basan en la experiencia proporcionada por las estadísticas de incendios en los riesgos protegidos y que se han elaborado a lo largo del tiempo y a través de ensayos a gran escala. Ver la siguiente figura, que representa en forma esquemática las curvas de Área/Densidad de la figura original definida por el NFPA 13.

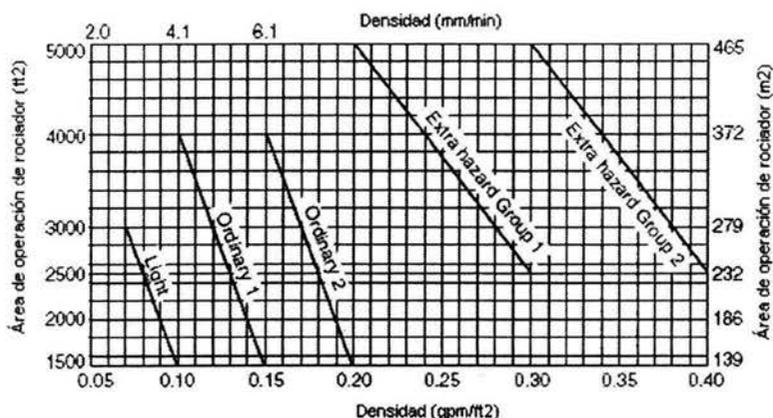


Figura 5 Diagrama utilizado para la determinación del tipo de densidad de aplicación de agua por medio de un sistema de rociadores en función del tipo de riesgo. Fuente: NFPA 13 [9].

Con esta gráfica, una vez establecidos tanto el tipo de riesgo y el área a proteger se obtiene la densidad y con ello el suministro de agua requerido para cada uno de los rociadores en dicha área y que deberán cumplir con el propósito de protección.

4.3.2 Criterios de diseño para un sistema de diluvio

Dadas las características de un sistema de diluvio [7], dependerá del tipo de riesgo que se desea cubrir, lo que determinará el objetivo primario del sistema: el control, la extinción, la protección

de áreas adyacentes expuestas o la prevención de fuego por derrames de sustancias inflamables.

Los sistemas de pulverización de agua de tipo diluvio tienen su mayor aplicación en equipos específicos de proceso (torres de enfriamiento, torres de destilación, reactores, tanques de almacenamiento de productos químicos), protección de tanques de almacenamiento de materiales inflamables (sólidos, líquidos o gaseosos), transformadores, interruptores de aceite y en general, en áreas que presentan riesgos importantes de incendio por lo que se debe intentar extinguir el incendio en su etapas iniciales. Se utilizan para crear una zona de amortiguamiento de fuego o bien realizar el enfriamiento de superficies expuestas al fuego para prevenir una deformación o un colapso estructural. También se pueden utilizar en conjunto con agentes espumantes para el ataque de fuegos de productos altamente inflamables.

Sistemas de Diluvio: Tabla de Criterios de Selección del sub-sistema de actuación.

- | | |
|--------------|--|
| 1. Húmedo | <ul style="list-style-type: none">a. Son los de menor costo económico inicial.b. No deben ser instalados en áreas sujetas a la posibilidad de congelamiento de agua.c. Se debe cuidar que la válvula de diluvio, bajo ciertas circunstancias de gran elevación de tubería, no se encuentre bajo una excesiva columna de agua (verificar el diseño de cada válvula con su fabricante).d. La línea de liberación (generalmente de ½"Ø) no deben exceder los 1,000 ft, debido a que se requerirán tamaños mayores para recorridos más largos. |
| 2. Seco | <ul style="list-style-type: none">a. Los costos de instalación y mantenimiento son algo más altos que aquellos involucrados en un sistema hidráulico.b. En este tipo de sistemas es muy importante considerar los tiempos de puesta en marcha de la válvula al ser desalojado el aire o atmósfera inerte en la tubería de detección.c. En caso de que los tiempos de vaciado sean excesivos, una de las opciones más utilizadas es la instalar un acelerador de vaciado.d. Se deben considerar la instalación de los sistemas de suministro de aire/nitrógeno y sus correspondientes subsistemas auxiliares para mantener en condiciones adecuadas el aire o nitrógeno y minimizar la corrosión o el atascamiento de las líneas por formación de hielo. |
| 3. Eléctrico | <ul style="list-style-type: none">a. Se pueden ubicar en cualquier área; sin embargo, sus costos de instalación y mantenimiento son los más altos.b. Se deben establecer elementos de supervisión de todos los elementos de detección.c. Los elementos principales de liberación de la válvula de diluvio son válvulas solenoides, por lo que se deberá poner atención en el tipo de clasificación eléctrica en donde será instalado el sistema.d. Al depender de una instalación eléctrica confiable, se necesitará una fuente de poder de respaldo así como no exceder, en caso de cualquier evento, los requerimientos de corriente del panel eléctrico supervisor/liberador del sistema. |
-

Tabla 6 Tabla de criterios de selección para los sistemas de activación de un sistema de diluvio.

Al diseñar un sistema de diluvio además de considerar el tipo de riesgo y el propósito de

protección del sistema, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: el tipo de área que va a ser protegida, verificar el tipo del suministro de agua y un adecuado sistema de drenaje, existencia de diques de contención para líquidos combustibles de baja densidad, revisar la existencia de rutinas de apagado de los equipos eléctricos involucrados así como la verificación de la clasificación eléctrica para la instalación de los equipos de detección, afectación de los equipos por la existencia de atmósferas corrosivas y por último, la selección apropiada del sistema de actuación.

Esta última consideración recibe especial atención dado que influye tanto en el tipo de operación del sistema como en las medidas necesarias de instalación y mantenimiento, como se puede ver en la Tabla 5.

4.3.3 Criterios básicos para el uso de sistemas que utilizan espuma como agente extintor

Los tipos de sistemas que utilizan este agente extintor se clasifican [8] de acuerdo al tipo de espuma que generan y por tanto, su aplicación corresponde a diferentes criterios, como se muestra a continuación. Aunque en general, permiten extinguir incendios de clase A y B.

Tipo de Espuma	Criterio de Selección.
Baja Expansión (20:1)	Se utiliza principalmente para proteger riesgos líquidos inflamables y combustibles y áreas en edificios, tanques de almacenamiento, y áreas de procesamiento internas y externas.
Media Expansión (200:1, máx.)	Se utiliza para controlar y extinguir incendios Clase A y B, y resulta adecuado para usarlo como un agente de inundación en espacios encerrados.
Alta Expansión (1,000:1)	La espuma de alta expansión se utiliza a menudo en los hangares de aviones y en instalaciones con aplicaciones confinadas.

Tabla 7 Tabla de criterios básicos para la selección de un sistema contra incendio que requiere de uso de agentes espumantes.

Es posible utilizar sistemas de inundación total, siempre y cuando, el material peligroso se encuentre confinado en un espacio cerrado o depósito con paredes que superen el nivel al que se encuentra el equipo a proteger, por la consecuente acumulación de espuma necesaria para extinguir o controlar el fuego.

La eficacia del sistema radica en la capacidad de contención de la espuma y por lo tanto, que las puertas y las ventanas se puedan cerrar automáticamente y además, teniendo en cuenta que el personal debe ser evacuado con anterioridad. Asimismo, se debe disponer de respiraderos en las partes altas para permitir la evacuación del aire desplazado por la espuma.

4.3.4 Criterios básicos para el uso de sistemas que utilizan otros agentes extintores

Los requisitos para el funcionamiento y manejo de estos sistemas son, en general, similares [8]. Son de mayor extensión los sistemas de tipo automático por la limitación en tamaño y gravedad del fuego al que se tiene que enfrentar y dado el hecho que deben asegurar una extinción total. Se muestra a continuación un gráfico comparativo entre diferentes agentes no acuosos. Dicha figura puede ser utilizada como una guía para evaluar la adopción de un tipo de agente específico. Se puede observar que el agente que mejor capacidad de extinguir un fuego es un Halon, pero desafortunadamente, tales agentes son dañinos para la capa de ozono. Ya no son recomendables. Sin embargo, para los demás agentes se debe considerar el costo del agente mismo y de los sistemas auxiliares para su correcto funcionamiento.

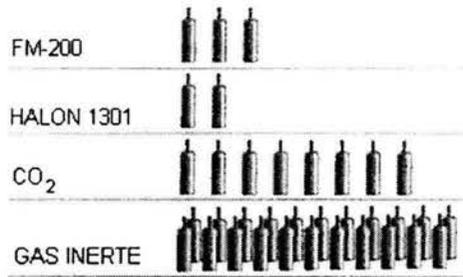


Figura 6 Figura en la que se muestran diferentes requerimientos para diferentes agentes extintores no-acuosos para un mismo tipo de riesgo. FUENTE: http://www.e1.greatlakes.com/fm200/jsp/space_requirements.jsp, Consulta: 8 de abril 2004.

Para que estos sistemas cumplan con las expectativas de protección, el elemento de detección juega un papel muy importante, ya que debe ser suficientemente sensible a la combustión del material o de la instalación que se desea proteger para atacar al fuego en una etapa muy temprana de su desarrollo.

4.4 Importancia del conocimiento y uso de los criterios generales para el diseño de sistemas contra incendio

Aunque se pueden establecer criterios de construcción, suministro de agentes extintores, su conducción, límites de tiempo de operación, etc., la protección contra incendio y en términos generales, la seguridad de una planta, proviene del conocimiento de los procesos, los materiales que se manejan y su tipo de almacenamiento [4, 6].

Si bien, en muchas ocasiones es válido y necesario el uso de rociadores [12], no siempre un incendio en la industria química es manejable con ellos. Por ejemplo, el manejo de propano, benceno, gasolinas, productos de pintura, aceites, etc.

Normalmente se requiere un sistema de diluvio o bien de pre-acción y generalmente se requiere también de un sistema sofisticado de detección. Estos sistemas normalmente detectan rápidamente una condición de fuego, generando una alarma y enviando una señal de apertura a la válvula de actuación del sistema. La válvula del sistema operará y se iniciará la descarga del agente extintor, a través de los dispositivos instalados.

Casi todas las instalaciones industriales cuentan con una aplicación de riesgo especial. Por ejemplo, es común que en muchas de las plantas de refinación de petróleo se tengan de 300 a 500 sistemas de diluvio, así como enormes sistemas de distribución de agua y sus propias brigadas contra incendio. También es común, que aunque la planta sea de un tamaño modesto, el uso de productos químicos altamente inestables hace que se requieran grandes inversiones en sistemas de tipo redundantes así como en infraestructuras de protección.

Un caso especial de protección lo tenemos en un equipo muy común: la torre de enfriamiento [8]. Estos equipos son normalmente protegidos con sistemas tanto húmedos, secos o de diluvio dependiendo del estilo de la torre y de la ubicación geográfica.

Aunque la torre no representa un peligro en sí misma, puede estar localizada en las cercanías de otros riesgos. Su importancia radica en el hecho de que su pérdida puede detener toda la operación de la planta al hacer falta agua fría para los servicios de enfriamiento y de control de otros equipos de mayor riesgo, como los reactores.

Otros casos de importancia lo son los que involucran el almacenaje de Gas-LPG. Debido a la naturaleza del propano, es casi imposible extinguir una llama de este combustible con el uso de agua. Por lo tanto, un sistema de diluvio sirve, no para extinguir el fuego del propano, sino más bien para enfriar el tanque hasta que la fuente de combustible pueda ser detenida o eliminada.

En casos de almacenamiento de líquidos inflamables o de productos químicos inestables, es amplio el uso de grandes sistemas de diluvio para prevenir que al ocurrir reacciones de polimerización se puedan provocar explosiones o bien para proteger los equipos en caso de que existiera una condición de fuego adyacente, para evitar explosiones de tipo BLEVE[6] (“*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*”) y que se produce por la ebullición y producción excesiva de vapores en recipientes expuestos al fuego.

Aunque los sistemas de tipo acuoso representan el mayor número de sistemas instalados, cuando se requiere proteger áreas muy especiales como cuartos de control, de cómputo, de ventilación especial, de archivos o de almacenamiento de documentos sensibles, se hace indispensable el uso de sistemas que no utilizan agua debido a que su acción puede generar mayores daños a la propiedad protegida. Pero debe tenerse en cuenta que son sistemas de suministro limitado, por lo que su dimensionamiento es muy importante.

El objetivo único de estos sistemas tan especiales se enfoca en la extinción total y por tanto, se busca atacar cualquier posible incendio en su etapa de desarrollo más temprana posible. Es por ello que los equipos de detección se hacen más importantes para estos sistemas.

Sin embargo el costo de tales equipos puede ser muy alto, pero se deberán balancear contra el costo de mantener a salvo instalaciones que por sí mismas pueden ser vitales para la operación de una planta de grandes dimensiones o bien, para salvaguardar bienes de altísimo valor o probablemente invaluableles.

4.5 Importancia de la cultura de la protección contra incendios en la industria

Un incendio grande —o incluso pequeño— en una planta industrial, puede interrumpir la producción, alterar las vidas de aquellos cuyo modo de vida depende directamente de la planta y debilitar la economía del entorno en el que ésta se sitúa. Aunque el principal objeto de cualquier

estrategia de protección contra incendios es precisamente proteger las vidas, las empresas tienen responsabilidades especiales en cuanto a su propia visibilidad ante la comunidad con respecto a la prevención de accidentes. [8]

Además de esta amenaza inmediata, se producen efectos acumulados como consecuencia de los incendios industriales, entre los que se encuentran:

- La interrupción de la producción puede obligar a los clientes a buscar fuentes alternativas de suministro, con las que pueden seguir incluso después de que se hayan subsanado los daños del incendio y que se haya reanudado la producción.
- Pueden quedar destruidos los archivos, lo que exigirá un proceso largo y costoso de reconstrucción de ellos.
- Los trabajadores de la empresa durante los trabajos de reparación se encontrarán sin trabajo y por tanto, pueden ser una carga de costo a la empresa.
- La cobertura del seguro puede ser insuficiente para la reconstrucción de la planta y la sustitución de equipos, lo que puede llevar a la empresa a desprenderse de otros activos para cubrir tales erogaciones.
- Si el fuego se propaga a los alrededores, los propietarios afectados pueden establecer procesos contra la empresa para reclamar la reparación de los daños.
- Evidentemente, las compañías de seguros intentarán subir las primas por reasegurar la planta.
- En algunos casos, el efecto acumulado de todos estos efectos puede conducir a la empresa a un callejón sin salida, como puede ser la quiebra y cierre permanente de la planta, lo que conlleva un grave costo social por la pérdida definitiva de empleos.

La comunidad sufre también directamente los fuegos industriales, tanto a través de los costos iniciales de la extinción como, a más largo plazo, en forma de daños al medio ambiente. Es por ello que las prácticas del desarrollo de una cultura de prevención de incendios y de seguridad ayuda a proteger a la empresa y a la comunidad de las muchas dificultades que surgen de tales eventos.

Finalmente, el principal objetivo de un programa de prevención de incendios es reducir o eliminar la amenaza de un incendio en el lugar de trabajo mediante la toma de las medidas adecuadas a fin de que la situación no desemboque en un desastre.

5. Conclusiones

Una de las medidas principales medidas de seguridad en cualquier industria es la instalación de sistemas contra incendio, por lo que es de gran importancia el conocer los fundamentos en los cuales se sustenta tanto su diseño como su operación, dado que la aplicación de tales principios de forma incorrecta puede llevar a depender de un sistema que no responderá a las expectativas de seguridad que se les atribuye.

En general, los procesos químicos poseen un gran número de riesgos y la tarea principal de un sistema contra incendio es que al existir una falla, tanto de los equipos, los operadores o bien del sistema de prevención, esté listo para actuar y mantener el riesgo en los niveles más bajos posibles.

“El diseño en ingeniería es el arte del compromiso”[§]. Los objetivos de diseño están frecuentemente en conflicto, por lo que el diseñador debe escoger cual de las soluciones alternativas tiene un mejor balance en términos globales con respecto a los objetivos primarios de diseño y las necesidades de seguridad de la planta, por lo que deberá identificar y considerar todas aquellas situaciones que pueden desembocar en una situación de riesgo inaceptable y debe por tanto, con el adecuado uso de los criterios de diseño, elegir aquellas opciones que presenten tanto una mejor viabilidad operativa como en términos económicos.

Como se ha visto, los sistemas contra incendio deben ser tomados en cuenta como parte del sistema de soporte de cualquier unidad de producción, no sólo como un requisito que hay que cumplir desdeñosamente sino que nos ayuda a cumplir con la visión y misión de cualquier tipo empresa moderna de hoy día.

A través de la revisión de los diferentes sistemas que están a la disposición para la protección contra incendios y mediante la correcta aplicación de los criterios de diseño, se deberá de alcanzar el objetivo principal de la prevención de riesgos: el cuidado de la vida humana, de las instalaciones y del medio ambiente.

[§] Denis Hendershot, “Safety Through Design in the Chemical Process Industry”, [’], pag. 9.

6. Bibliografía.

1. Coon, Walter J., *Fire Protection: design criteria, options and selection.*, R.S. Mean Company Inc, USA, 1991.
2. Gagnon, Robert M., *Design of Water-Based Fire Protection Systems*, Delmar Publishers, USA, 1997.
3. Gagnon, Robert M., *Design of Special Hazard Fire Protection Systems*, Delmar Publishers, USA, 1997.
4. Hendershot, Dennis C. *Safety Through Design in the Chemical Process Industry: Inherently Safer Process Design*, May 17, 1999, Rohm and Haas Company, Process Hazard Analysis and Environmental Engineering Department, Engineering Division.
5. Isman, Kenneth E., *Sprinkler Protection for Warehouse and Storage Occupancies*, Ed. National Fire Sprinkler Association, P.O. Box 1000, Patterson, NY 12563, 1998.
6. Kletz, Trevor, *What Went Wrong?: Case histories of process plant disasters*, 3a. ed., USA, 1994.
7. Martínez, Ricardo, *Instalaciones de Agua. Sistemas de Rociadores*, Folleto técnico-comercial de Sprinkler Viking S.A., Madrid, 1997.
8. *Manual de protección contra incendios*, Ed. Cote, Arthur E., Editorial MAPFRE (España), 1991.
9. *NFPA 13, Standard For The Installation Of Sprinkler Systems*, 2002 edition. National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA 02619-7471.
10. *NFPA 15, Water Spray Fixed Systems For Fire Protection*, 1990 edition. National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA 02619-7471.
11. Notas del curso: *Hydraulics for Fire Protection Systems*, impartido en México por la National Fire Sprinkler Association, Inc (1990).
12. Rohr, Kimberly D., *U.S. Experience with Sprinklers*, November 2003, Fire Analysis And Research Division, National Fire Protection Association, An International Codes and Standards Organization, Quincy, MA 02619-7471, www.nfpa.org

Algunos sitios de interés en la WWW.

- National Fire Protection Agency: www.nfpa.org
- National Fire Sprinkler Association: www.nafsa.org
- Society of Fire Protection Engineering: www.sfpe.org
- American Fire Sprinkler Association: www.sprinklernet.org
- American National Standards Institute: www.ansi.org
- Factory Mutual Insurance Company: www.fmglobal.com
- Underwriter's Laboratory, Inc.: www.ul.com
- The US Chemical Safety and Hazard Investigation Board: www.chemsafety.gov

7. Anexos

ANEXO 1. Clasificación general de rociadores automáticos

ANEXO 2. Boquillas para riesgos especiales

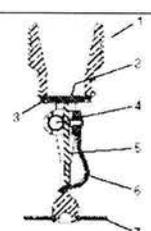
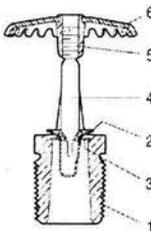
ANEXO 3. Válvulas de actuación de sistemas de rociadores y de diluvio

ANEXO 4. Otros elementos básicos de sistemas contra incendios

ANEXO 5. Sistemas contra incendio típicos

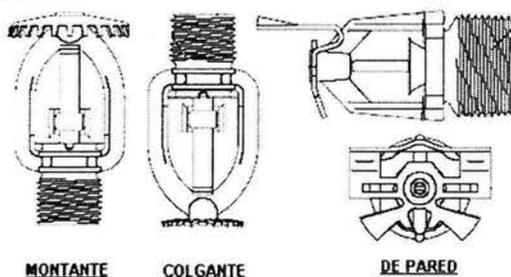
ANEXO 1. Clasificación general de rociadores automáticos

En la actualidad se utilizan principalmente dos tipos rociadores por el tipo de elemento que permite su activación: por enlace **fundible** y de **bulbo**.

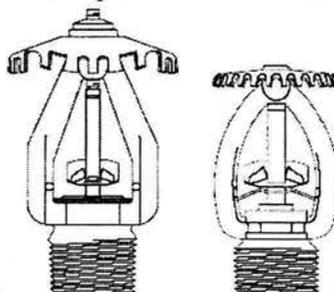
Elemento	Descripción	
Enlace Fundible	<p>El rociador automático de enlace fundible común actúa al fundirse una aleación metálica cuyo punto de fusión está predeterminado. Dichas soldaduras son aleaciones con puntos de fusión claramente definidos, compuestos principalmente de estaño, plomo, cadmio y bismuto.</p> <p>1. Cuerpo 2. Tapón de sello, 3. Resorte de eyección 4. Elemento fundible 5. Soporte del deflector 6. Gancho 7. Deflector.</p>	
Bulbo	<p>Este otro tipo de rociador automático tiene como elemento funcional un bulbo frágil o ampolla. El pequeño bulbo de vidrio contiene un líquido pero no está totalmente lleno, puesto que queda atrapada en su interior una pequeña burbuja de aire. Al expandirse el líquido a causa del calor, la burbuja se comprime y el bulbo se rompe, soltando la caperuza de la válvula. La temperatura exacta de activación se regula graduando la cantidad de líquido y el tamaño de la burbuja en el momento de sellarse el bulbo</p> <p>1. Cuerpo 2. Botón 3. Sello 4. Bulbo 5. Opresor 6. Deflector.</p>	

Los rociadores se pueden clasificar por su posición de montaje, su forma de descarga, extensión de cobertura, rapidez de respuesta y por su aplicación o uso específico.

Posición de montaje en el ramal.



Extensión de cobertura. Existen dos tipos en función de la amplitud de Cobertura: Estándar y Extendida. El que sean de un tipo u otro dependerá del diseño del deflector.



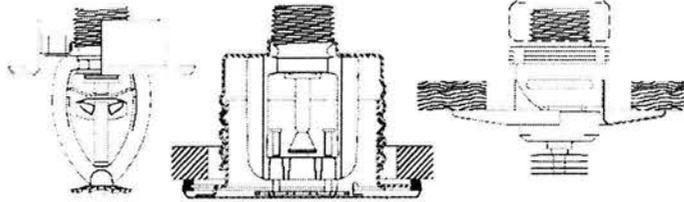
Rociador Cobertura Extendida

Rociador Cobertura Estándar

Rapidez de respuesta. Por su rapidez se pueden clasificar en Respuesta Estándar y Respuesta Rápida. En este caso, la modificación en el diseño del rociador se encuentra en el elemento activador, ya sea mejorando la forma en se que encuentra soldado el elemento activador o bien, haciendo más sensible el diseño de bulbo para que se rompa más rápidamente. Al actuar en etapas más tempranas del desarrollo del fuego se tiene la oportunidad de controlar los daños que pueda ocasionar el fuego.

Aplicación o uso específico.

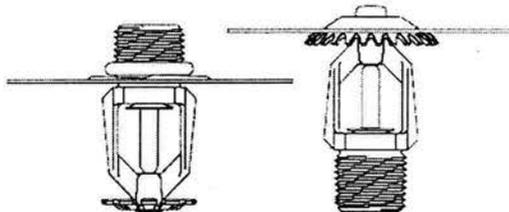
Decorativos, Ocultos y Empotrados: Están diseñados especialmente para utilizarse con ramales ocultos por un techo falso o plafón, por detrás de las paredes y se instalan con un chapetón ("escutcheon") para cuando se empotran o bien con una placa o escudo para el caso de los de tipo decorativo.



Secos: Son rociadores adecuados para usarse en instalaciones de tubería seca. La cabeza rociadora es similar pero se suministra con una bajante integrada (de longitud variable) con el obturador o caperuza en el extremo de conexión del conjunto a la tubería.

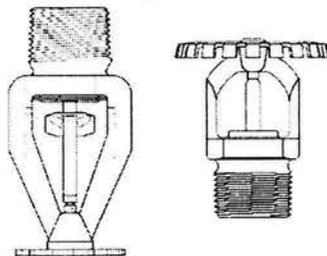


Rociadores Intermedios para Racks: estos rociadores son instalados en gavetas de almacenamiento de varios niveles y cuentan con deflectores o escudos adicionales para evitar que al accionarse algún rociador en un nivel superior, el agua liberada impida la activación de los rociadores de los niveles inferiores.



Rociadores de gota gorda ("Large Drop"): estos rociadores tienen un diseño especial de deflector y un tamaño mayor del orificio de descarga, provocando un mayor tamaño en la atomización del chorro de agua. Lo que se intenta en este caso, es una mayor penetración de agua sobre la llama para conseguir humedecer más rápidamente los materiales combustibles alrededor del fuego.

Rociadores de supresión y respuesta rápida o ESFR ("Early Supresion Fast Response"): el diseño del deflector y el tamaño del orificio hacen que la descarga del agua se produzca en forma de gotas que por su tamaño y velocidad consigan una penetración más amplia y de mayor magnitud hacia el combustible que arde. Su alta capacidad de respuesta les permite actuar en etapas más tempranas del incendio favoreciendo la extinción y por tanto, se reduce la demanda de agua y los daños ocasionados por su descarga.



Rociador ESFR

Rociador LD

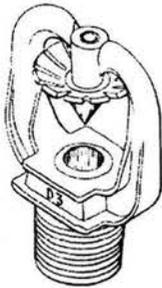
ANEXO 2. Boquillas para riesgos especiales.

Normalmente se denominan cabezas rociadoras abiertas y su aplicación típica se encuentra en las instalaciones de agua pulverizada o de inundación total y su aplicación es típica en instalaciones industriales de riesgos especiales.

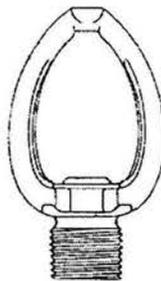
Se pueden encontrar boquillas de los siguientes tipos:

- **Boquillas de Alta Velocidad:** son normalmente utilizadas en la protección de procesos o equipos donde están presentes líquidos combustibles y descargan el agua pulverizada en forma de cono.
- **Boquillas de Baja Velocidad:** son normalmente utilizadas cuando se desea una protección contra la radiación o un efecto refrigerante y descargan el agua pulverizada en forma de esfera o cono “relleno” de pequeñas gotas de agua.
- **Boquillas de Choque Interno:** son aquellas que producen la pulverización imprimiendo al chorro de agua un movimiento giratorio al pasar por elementos internos de forma espiral. Dicho chorro se mezcla con el chorro central, de modo que sale por la boquilla un cono de agua pulverizada bastante “macizo”.
- **Rociador Abierto:** se utilizan el principio del deflector para generar un chorro pulverizado de cierta forma cónica.
- **Boquilla Espiral:** esta boquilla descarga el agua a lo largo de un eje espiral, cuyo diámetro va disminuyendo, lo que crea una fina capa de agua alrededor de la superficie del cono que forma el chorro y dicha capa es la que se convierte en gotas pulverizadas al salir de la espiral.

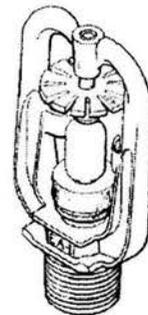
Se muestran algunos tipos de boquillas que son utilizadas para el diseño de sistemas contra incendio en instalaciones de riesgos especiales.



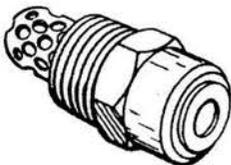
Boquilla convencional para sistemas de diluvio y se utilizan básicamente para enfriamiento.



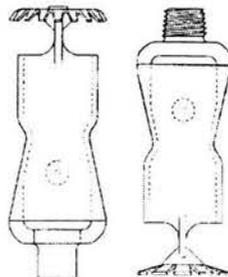
Boquilla de diseño especial para torres de enfriamiento.



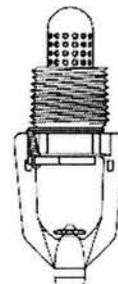
Boquillas cerradas utilizadas principalmente en sistemas de preacción



Boquilla de alta velocidad, utilizada básicamente para control y extinción.

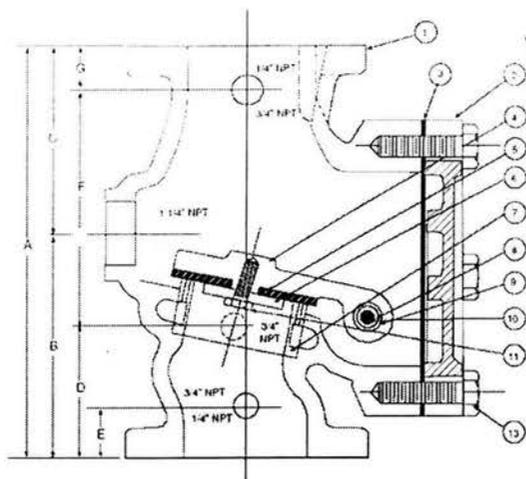


Boquilla para formar espuma en posición pendiente y montante.



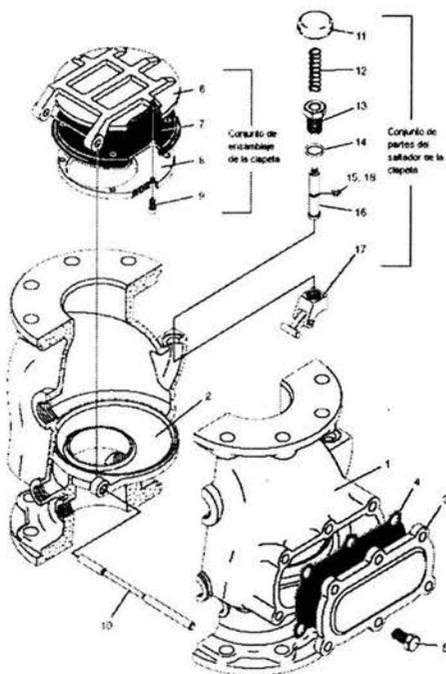
Boquilla para uso en transformadores eléctricos.

ANEXO 3. Válvulas de actuación de sistemas de rociadores y de diluvio



Válvula de Alarma Sistema Húmedo

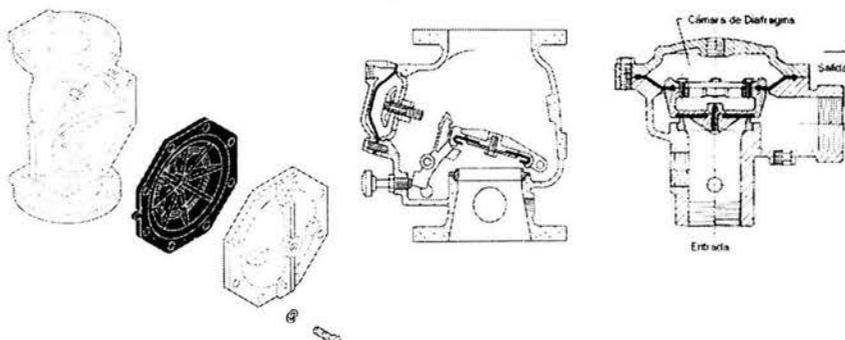
#	Descripción
1	Cuerpo
2	Cubierta
3	Junta de la cubierta
4	Clapeta
5	Asiento de goma
6	Anillo de retención
7	Anillo del asiento
8	Buje de la clapeta
9	Buje del cuerpo
10	Pasador
11	Tornillo
12	Tapón
13	Tornillo de la tapa



Válvula de Alarma para Sistema Seco

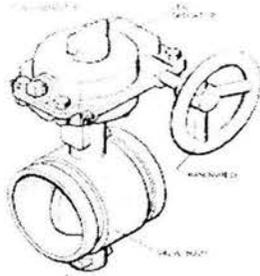
#	Descripción
1	Cuerpo
2	Asiento Aire-Agua
3	Cubierta del registro-mano
4	Junta del registro-mano
5	Tornillo de la cubierta
6-9	Clapeta
10	Pasador de la bisagra de la clapeta
11-17	Liberador de la clapeta

Tres diferentes tipos de válvula de diluvio

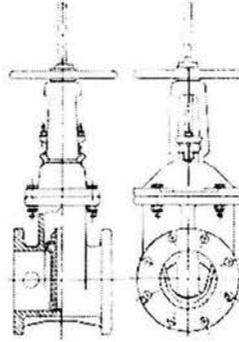


ANEXO 4. Elementos básicos de sistemas contra incendio

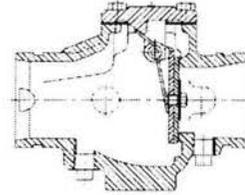
- Válvulas corte y de retención.



Válvula de mariposa de extremos ranurados



Válvula de compuerta tipo OS&Y bridadas

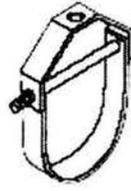


Válvula de retención de extremos ranurados

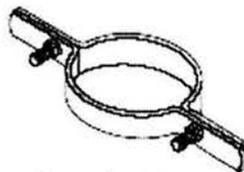
- Soporterías de uso típico.



Anillo ajustable tipo pera



Anillo colgador tipo Clevis

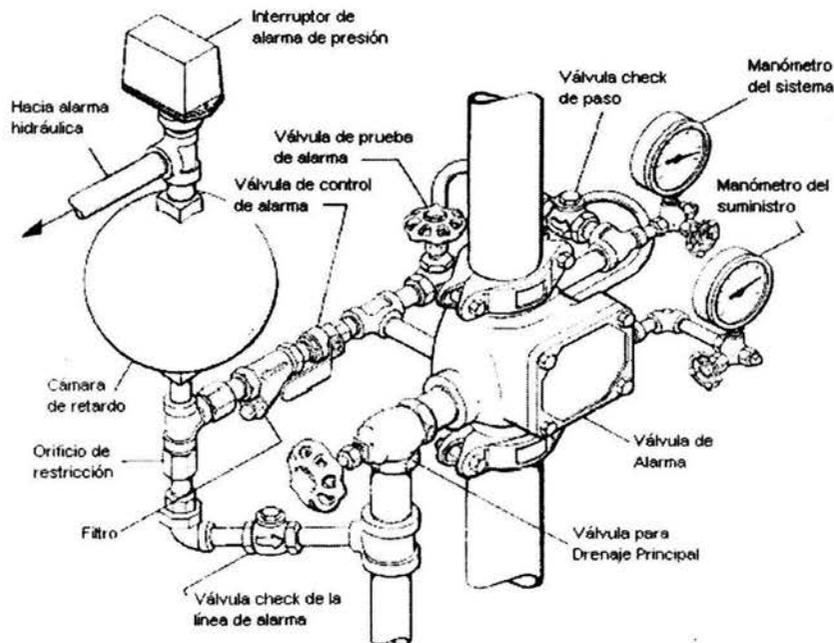


Abrazadera para alimentador vertical



Abrazadera para tubería

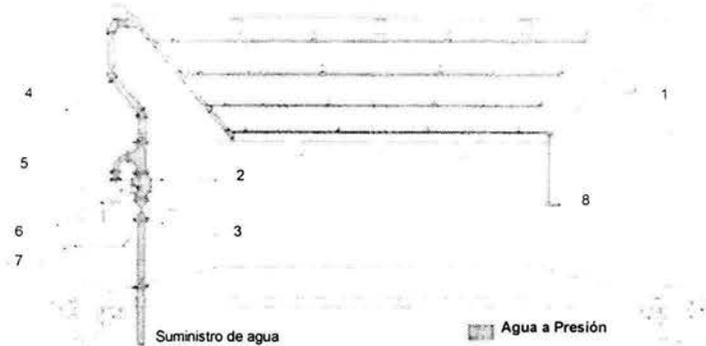
- Puesto de mando típico de un sistema de alarma, en donde se muestran otros elementos usados en sistemas de rociadores.



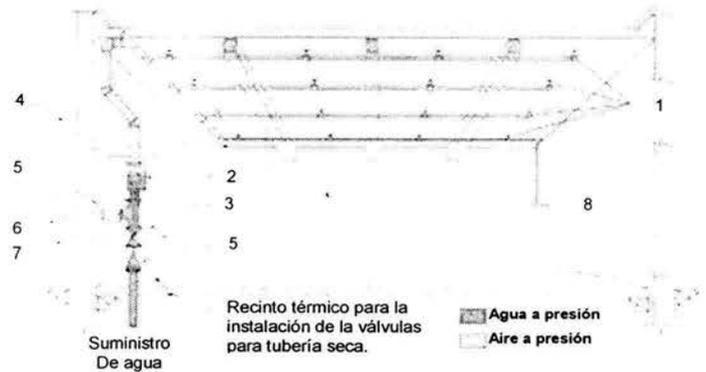
ANEXO 5. Sistemas contra incendio típicos.

Sistemas contra incendio que utilizan agua como agente extintor.

a) Sistema de rociadores de tipo húmedo

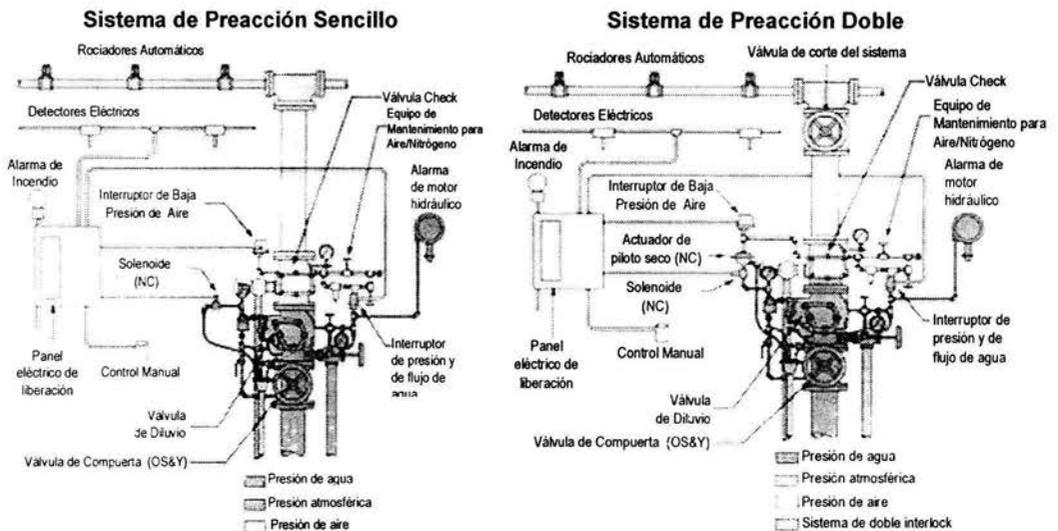


b) Sistema de rociadores de tipo seco

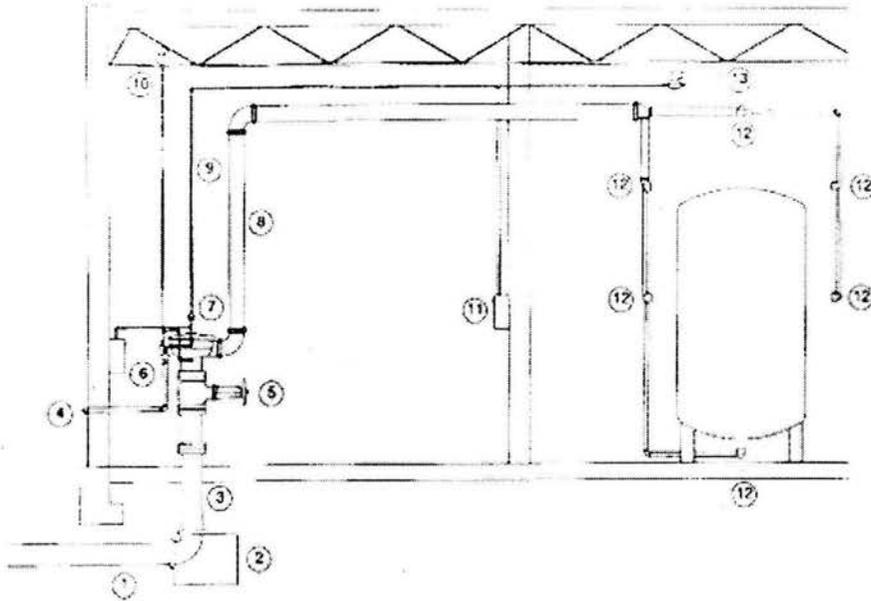


Componentes básicos del sistema: 1. Rociadores, 2. Válvula Seca, 3. Válvula de compuerta (OS&Y) para controlar el suministro de agua al sistema, 4. Alarma de motor hidráulico, 5. Válvula de retención, 6. Conexión para el departamento de bomberos, 7. Conexión de drenaje principal, 8. Conexión para revisión y pruebas.

c) Sistemas de pre-acción

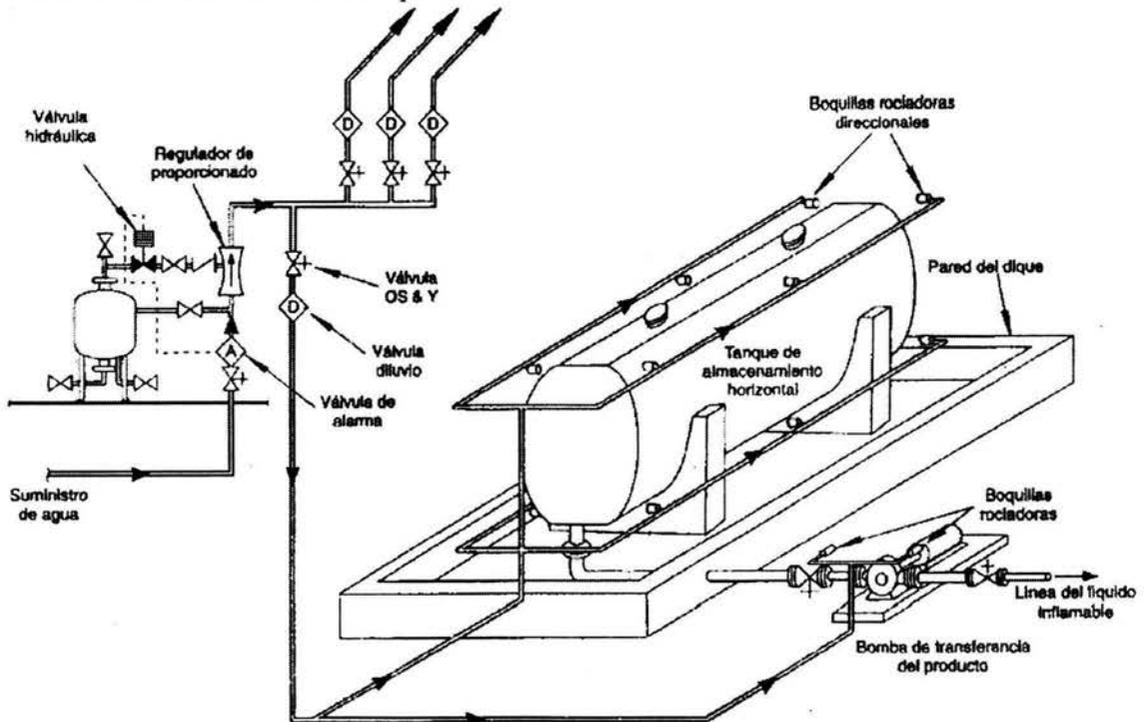


d) Sistema de diluvio



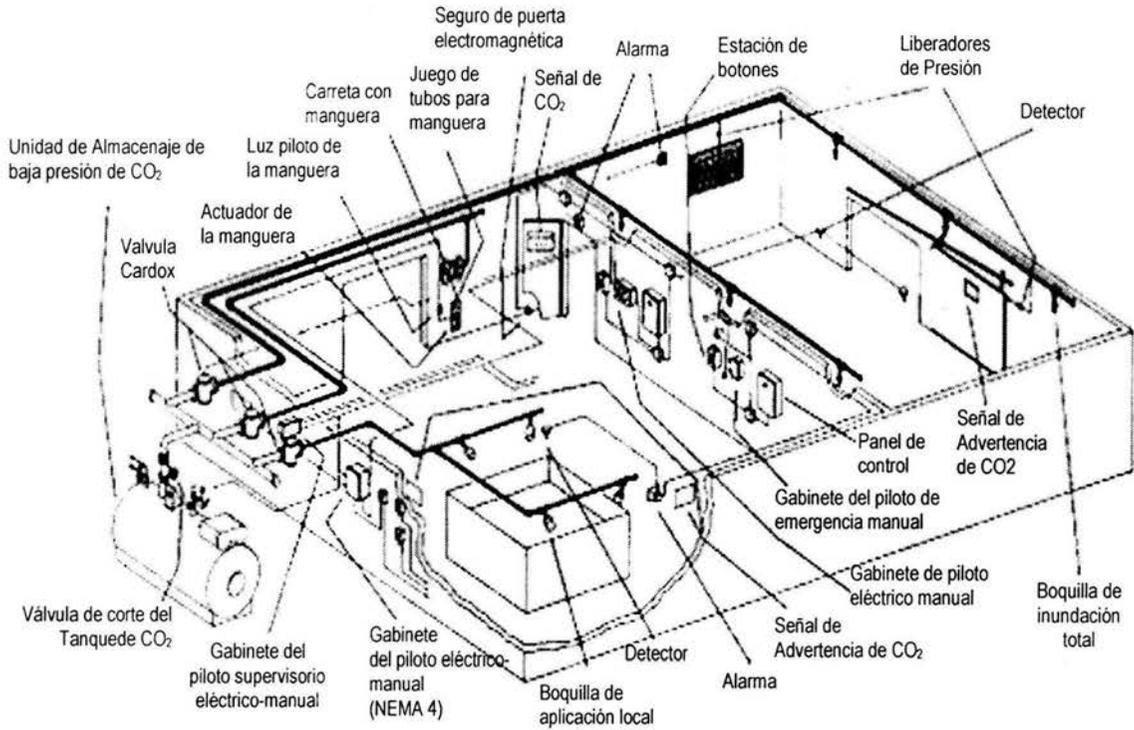
Ítem	Descripción	Ítem	Descripción
1	Suministro principal	7	Válvula de diluvio
2	Bloque de soporte	8	Sistema de tuberías
3	Elevación al sistema	9	Tubería del sistema de actuación
4	Drenaje principal del sistema y sistema de pruebas de flujo	10	Alarma de motor hidráulico
5	Válvula OS&Y de control de suministro	11	Actuador manual de emergencia
6	Activador remoto de emergencia	12	Boquillas rociadoras
		13	Actuador termostático

e) Sistema de diluvio con uso de espumas



Sistemas contra incendio que no utilizan agua como agente extintor

a) Sistema extinción a baja presión de CO₂



b) Sistema de extinción que utiliza productos químicos secos.

