



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

“ANALISIS DE LOS SISTEMAS CONTRA INCENDIO Y  
DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD QUE SE UTILIZAN  
EN LA FABRICACION DE TERMOPLASTICOS”

T E S I S  
M A N C O M U N A D A  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A N:  
CARRETE ARREDONDO JESUS D.  
MORENO CABRAL M. JULIO

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## C O N T E N I D O

	INTRODUCCION.....	1
CAP. I.-	Análisis de las características y comportamiento del fuego.....	4
CAP. II.-	Causas principales de fuego y ex- plosiones en la industria de los termoplásticos.....	35
CAP. III.-	Propiedades físicas y químicas de los materiales usados en la indus- tria de termoplásticos.....	49
CAP. IV.-	Análisis de los sistemas de rocia- dores automáticos.....	77
CAP. V.-	Dispositivos de protección para- alivio de presión.....	124
CAP. VI.-	Dispositivos de protección para - equipo eléctrico.....	161
CAP. VII.-	Sistemas de protección especial..	213
	CONCLUSIONES.....	263

## I N T R O D U C C I O N

Los objetivos de la ingeniería de protección son los de minimizar la probabilidad de pérdida de vidas, daños a la propiedad e interrupciones de la producción.

Estos objetivos se alcanzan básicamente por (1) prevención, (2) control y (3) extinción de fuegos y explosiones.

El término "Prevención" se aplica a la fase del diseño de proceso que minimiza los riesgos de fuego, explosión o fuga de materiales tóxicos inherentes del proceso, mientras que el término "Control" se refiere a la parte que busca dar protección contra siniestros, una vez que estos se han iniciado y hasta que las brigadas contra incendio entran en acción y dominan la situación (extinción).

En la industria de los termoplásticos, debido a las características de las materias primas, técnicas de procesamiento y productos, se requiere de una atención especial y conocimientos profundos sobre los riesgos que están presentes en todas y cada una de sus áreas.

Este trabajo pretende en consecuencia, -

generar un conocimiento de los sistemas de protección, dispositivos de seguridad y detalles de diseño que deberán considerarse para que los procesos utilizados en esta rama de la ingeniería se encuentren dentro de las normas de seguridad reconocidas internacionalmente hasta la fecha.

En el primer capítulo de este trabajo, se presentan algunas definiciones básicas, así como la terminología empleada en el campo de la seguridad industrial, más adelante se hace un análisis del comportamiento del fuego y la influencia que tiene la transferencia de calor en la propagación o extinción de un fuego y finalmente se hace un análisis de las explosiones y se clasifican de acuerdo a su origen.

Las principales causas de fuegos y explosiones en la industria de los termoplásticos son analizadas en el segundo capítulo, en donde, a continuación de cada causa analizada, se muestran criterios para su prevención o control.

El tercer capítulo está dedicado a la recopilación de datos de interés de los materiales que se manejan frecuentemente en la industria de termoplásticos. Para materias primas se presentan los usos más importantes, datos de toxicidad, cuidados que se deben tener en su manejo y almacenamiento, guía de primeros auxilios, recomendaciones para casos de fugas o derrames y tratamiento de desechos. Se muestra una tabla con las propiedades físicas de estos materiales, en donde se añaden datos como límites de inflamabilidad, temperatura de ignición, punto "flash" y método de

extinción sugerido. Para algunos productos típicos se generó una tabla con datos como severidad de explosión, presión máxima de explosión, índice de explosividad, etc.

En el capítulo cuatro se hace un análisis de uno de los principales sistemas de control de fuegos como son los rociadores. Se presentan los diferentes tipos existentes y criterios de Selección. Al final del capítulo se muestra como ejemplo el cálculo de una red de rociadores con la secuencia de cálculo requerida para el diseño de estos sistemas.

En el quinto capítulo se analizan los dispositivos para alivio de presión, presentándose criterios de selección y secuencia de cálculo para estos, incluyéndose un ejemplo. En la segunda parte de este capítulo se muestran criterios y formas de cálculo para el diseño de áreas de venteo para explosiones, ejemplificándose para el caso de una mezcla etileno/aire.

El capítulo sexto está dedicado a la clasificación de áreas peligrosas, equipos e instalaciones que se deben usar de acuerdo a esta clasificación y dispositivos de protección que deberán utilizarse en el equipo de proceso y las instalaciones eléctricas.

En el último capítulo de este trabajo, se hace un análisis de los sistemas de protección especial, en donde se muestran las aplicaciones y limitaciones de cada uno de ellos, los sistemas analizados son el de bióxido de carbono, espuma, polvo químico seco y esparcido de agua, este como complemento a lo revisado en el capítulo cuatro.

CAPITULO I.- ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS  
Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.

## 1.1.- DEFINICIONES BASICAS.

### FLAMA Y COMBUSTION POR ENCENDIDO.

La combustión es el resultado de una reacción exotérmica, autocatalizada, la cual involucra a un combustible que puede estar en fase gaseosa, líquida o ambas. El proceso está asociado normalmente (más no necesariamente), con la oxidación del combustible por medio del oxígeno atmosférico. La combustión de un líquido es conocida comúnmente como combustión por encendido, mientras que a la combustión de un gas se le conoce como flama. Al proceso que se lleva a cabo en un lugar encerrado, de tal forma que se produzca un aumento considerable de presión, se le conoce como explosión. Si la onda de combustión se propaga a velocidad supersónica, adelante de esta onda se desarrolla un frente de choque, a este proceso se le conoce como detonación.

### TEMPERATURA DE IGNICION.

La temperatura de ignición es la temperatura mínima a la cual el combustible (en combinación con el aire) debe ser calentado para que inicie la combustión autosostenida, independientemente del elemento de calentamiento. A la energía mínima que deben poseer las moléculas para permitir una colisión entre ellas, se le conoce como energía umbral y es normalmente mayor a la energía promedio de las moléculas a temperatura ambiente.

La energía umbral para la combustión varía con el tipo de fuente de ignición, la naturaleza química específica y el carácter físico del com



bustible, además de la presión y composición de la atmósfera. Para concentraciones determinadas de oxígeno, la energía umbral para ignición varía inversamente con el cuadrado de la presión. Existe una presión mínima abajo de la cual no ocurre ignición. Al aumentar la temperatura de un sistema dado, se necesitará menos energía para encender la mezcla, hasta que a una temperatura suficientemente alta, la mezcla encenderá espontáneamente. A esta temperatura se le conoce como temperatura de autoignición (o temperatura de ignición espontánea).

La temperatura de ignición de un sólido está influenciada por el flujo de aire, la velocidad de calentamiento y el tamaño y forma del sólido.

#### LIMITES INFLAMABLES O EXPLOSIVOS.

Para que la ignición sea posible, se deberá tener una concentración adecuada de combustible en la atmósfera oxidante. Una vez que se ha iniciado la ignición para mantener la combustión se requiere un suministro continuo de combustible y de agente oxidante. Los límites de inflamabilidad son los límites de concentración extrema de un combustible en un agente oxidante en la cual una vez iniciada la flama, esta continuará propagándose (a una temperatura y presión específicas).

Al aumentar la temperatura de la mezcla, los rangos de inflamabilidad se amplían (Ver Fig. 1.1). Por lo que, al enfriar una mezcla que previamente era inflamable, se convierte en no inflamable poniéndola ya sea, arriba o abajo de los límites de inflamabilidad para las condiciones ambientales específicas.

De la figura 1.1 se deberá notar que para combustibles líquidos en equilibrio con sus vapores en aire, existe una temperatura mínima (específica para cada combustible), arriba de la cual, se encuentra suficiente vapor para formar una mezcla, combustible agente oxidante inflamable. Existe también una temperatura máxima arriba de la cual la concentración de vapor es demasiado alta para propagar la flama. A estas temperaturas máxima y mínima se les conoce como punto "flash", en aire alto y bajo respectivamente. La temperatura del punto "flash" para un combustible líquido varía directamente con la presión.

A la temperatura más baja de un líquido, en un recipiente abierto, a la cual los vapores se están produciendo suficientemente rápido para soportar la combustión continua, se le conoce como temperatura (o punto) de fuego. El punto de fuego está normalmente algunos grados más arriba del punto "flash".

## MATERIALES ESTABLES E INESTABLES.

Los materiales estables desde el punto de vista del fuego, son aquellos que tienen la capacidad de resistir cambios en su composición química aun cuando se exponen al aire, agua, calor, choque o presión. Los materiales estables se pueden quemar y la mayoría de los sólidos caen dentro de esta categoría.

Los materiales inestables pueden polimerizarse, descomponerse o convertirse en autorreactivos cuando se exponen al aire, agua, calor, choque o presión.

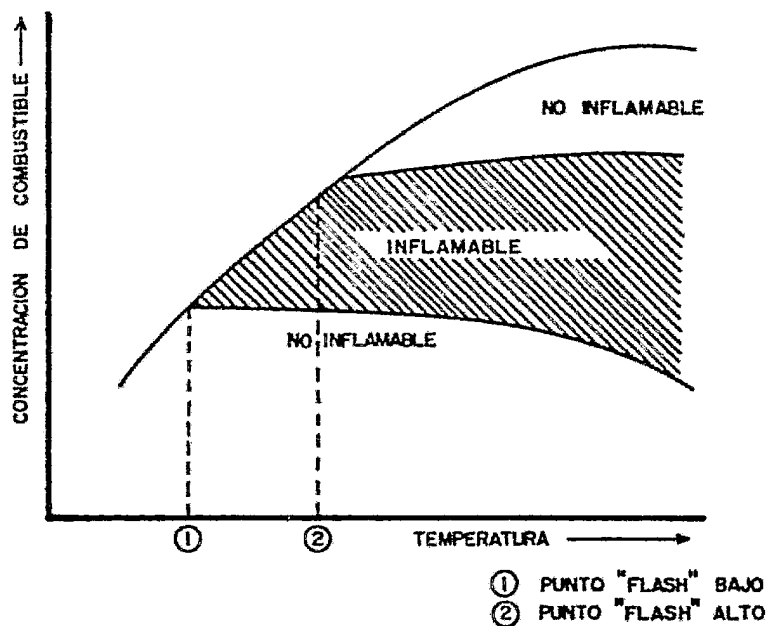


FIG. 11 VARIACION DEL RANGO DE INFLAMABILIDAD DE LIQUIDOS CONTRA CONCENTRACION DE COMBUSTIBLE Y TEMPERATURA.

## 1.2. PRINCIPIOS DEL FUEGO.

Existe considerable conocimiento técnico relacionado a las características de la ignición, inflamabilidad y propagación de flama de varios materiales combustibles (sólidos, líquidos y gases). Desafortunadamente la mayor parte de fuegos indeseables ocurren bajo condiciones en donde no se tiene la premezcla estudiada. La investigación de las propiedades de ignición y combustión de sólidos y líquidos combustibles es más compleja debido a lo heterogeneo de los mecanismos de reacción involucrados.

### REACCIONES DE OXIDACION.

Las reacciones de oxidación involucradas en fuegos son exotérmicas, la mayoría de ellas son complejas, y muchas no han sido explicadas completamente. Para propósitos prácticos se puede decir que cualquier material que contenga carbono e hidrógeno principalmente, puede ser oxidado. Algunos materiales combustibles, tal como el plástico de pirroxilina contiene oxígeno combinado en sus moléculas de tal forma que puede ocurrir una combustión parcial sin oxígeno de cualquier fuente externa.

### IGNICION Y COMBUSTION.

La combustión es una reacción química más complicada de como se explica en el "triangulo del fuego" el cual ha sido aceptado generalmente sólo para propósitos educativos. En la realidad al aumentar la temperatura sobre la ambiente, se ve involucrada la pirolisis, la cual está definida como la descomposición química de la materia por la-

acción del calor.

Al comenzar la pirolisis, se deberá considerar si se ha creado un balance de calor negativo por esta acción o no. Si el calor desprendido - está concentrado y es suficiente para conservar la reacción de oxidación, y si se está generando más calor del que se pierde por conducción, convección o radiación, entonces existe un balance de calor - positivo. Si, por otro lado, todo o la mayor parte del calor generado se pierde (como con una flama - de cerillo en un viento fuerte), existe un balance de calor negativo y el fuego se extinguirá. Al - mismo tiempo, una condición conocida como retroalimentación puede existir. La retroalimentación es - la utilización de una parte del calor generado en - la preparación para quemar porciones adyacentes - del material combustible al causar la pirolisis - del mismo. Si la retroalimentación es inadecuada - el fuego se extinguirá.

Además de la generación de calor duran - te la pirolisis, la concentración del agente oxi - dante es otro factor que puede determinar cuando - pueda o no existir la ignición y combustión. Para - casi todos los materiales, parece que existe una - concentración de agente oxidante mínima, abajo de - la cual la combustión no se llevará a cabo. El - oxígeno de las moléculas puede ser extraído por calor aún cuando el suministro de aire sea mínimo o - inexistente. Siempre se deberá tener en mente que - no es necesario tener aire presente para tener una reacción de pirolisis.

En resumen la ciencia de la protección - contra el fuego descansa sobre los siguientes prin - cipios:

Para la combustión, son esenciales un agente oxidante, un material combustible y una fuente de ignición.

El material combustible deberá ser calentado a su temperatura de ignición antes de que se quemé.

La combustión continuará hasta que:

- El material combustible se consuma o se retire.
- La concentración del agente oxidante sea disminuida a un nivel menor de la concentración necesaria para mantener la combustión.
- El material combustible se enfríe abajo de su temperatura de ignición.
- Las flamas sean inhibidas químicamente.

Todo el material presentado en este trabajo para la prevención, control o extinción de fuego está basado en estos principios.

### 1.3. TRANSFERENCIA DE CALOR.

La transferencia de calor es responsable del inicio y extinción de la mayoría de los fuegos. El calor se transfiere por uno o más de los tres métodos conocidos: conducción, convección y radiación.

La cantidad de energía calorífica que se transfiere por conducción depende de: la diferencia de temperatura entre los puntos que se están -

considerando, la conductividad térmica del material, el área transversal al flujo y la distancia en el sentido del flujo de calor. Debido a que la conducción de calor no puede ser detenida completamente, se puede presentar un fuego si la velocidad de conducción de calor a través de un aislante, es mayor a la velocidad de disipación en algún material combustible que esté en contacto con el aislante, ya que, la temperatura del combustible, puede aumentar hasta su punto de ignición. Por esta razón deberá existir siempre un espacio de aire o alguna otra forma de permitir la transferencia de calor por convección en lugar de tratar de eliminar todo el calor por conducción.

El aire caliente normalmente se expande y sube por lo que la transferencia de calor por convección en espacios abiertos es hacia arriba, aunque se pueden propiciar corrientes de aire para favorecer la convección en todas las direcciones.

La radiación de calor de una fuente dada varía con la 4a. potencia de la temperatura absoluta de la fuente, esto explica el peligro de ignición por radiación debido a hornos y quemadores sobrecalentados.

Cuando todas las condiciones son conocidas, se pueden realizar cálculos cuantitativos de la transmisión de calor por conducción, convección y radiación, pero debido a que en los fuegos existen muchos factores desconocidos, los cálculos exactos se hacen casi imposibles.

#### 1.4.- FUENTES DE IGNICION.

Debido a que la prevención y extinción - del fuego son dependientes del control de la energía calorífica, es importante estar familiarizado con las definiciones de las formas en que se puede producir la energía calorífica.

Hay cuatro fuentes de energía calorífica: Química, eléctrica, mecánica y nuclear, esta última esta fuera del alcance del presente trabajo.

##### 1.4.1.- ENERGIA CALORIFICA QUIMICA.

En esta fuente de ignición, como su nombre lo indica, su generación de energía está basado en una reacción química que produce calor. A continuación se definen los distintos tipos de calor que lo forman:

**CALOR DE COMBUSTION.-** Es la cantidad de calor que se desprende durante la oxidación completa de una substancia, a este calor normalmente se le conoce como valor calorífico o valor combustible, estos datos se utilizan para los cálculos de la carga de fuego.

El calor de oxidación (ya sea parcial o completo), depende del oxígeno consumido. Por esta razón el calor producido por un fuego o por una oxidación por calentamiento espontáneo está limitado al suministro de aire (u oxígeno) en cualquier caso.

**CALENTAMIENTO ESPONTANEO.-** Al hecho de-



aumentar la temperatura de un cuerpo sin tomar calor de los alrededores se le conoce como calentamiento espontáneo. El calentamiento espontáneo de un material hasta su temperatura de ignición provocará una combustión o ignición espontánea. Son tres las condiciones principales que se pueden manipular para evitar que una reacción de oxidación cause un calentamiento peligroso y son: la velocidad de generación de calor, el suministro de aire y las propiedades aislantes de los materiales de los alrededores inmediatos.

**CALOR DE DESCOMPOSICIÓN.**- Es el calor desprendido por la descomposición de compuestos que han requerido la adición de calor para su formación. Debido a que la mayoría de los compuestos químicos se producen por reacciones exotérmicas, el calor de descomposición es un fenómeno poco común.

**CALOR DE SOLUCIÓN.**- Este calor es el que se absorbe o se desprende cuando una sustancia se disuelve en un líquido. La mayoría de las sustancias desprenden calor al disolverse aunque la cantidad normalmente no es significativa para efectos de la protección contra incendios.

#### 1.4.2.- ENERGÍA CALORÍFICA ELÉCTRICA

La energía eléctrica produce calor cuando se hace pasar corriente a través de un conductor o cuando se produce una chispa a través de un puente; a continuación se definen los efectos de su flujo de acuerdo a las características del medio:

CALENTAMIENTO POR RESISTENCIA.- El calentamiento por resistencia se presenta debido a que la velocidad de generación de calor es proporcional a la resistencia y al cuadrado de la corriente. La temperatura del conductor (o de la resistencia), depende de la cantidad de calor que se está disipando al ambiente. Por lo que, un alambre sin aislamiento podrá conducir más corriente que uno aislado sin provocar un calentamiento peligroso, además un alambre sencillo podrá transportar más corriente que un grupo de cables muy cercanos (por ejemplo dentro de un tubo conduit).

CALENTAMIENTO POR INDUCCION.- Cuando un conductor está sujeto a la influencia de un campo magnético alternado o fluctuante, o cuando un conductor está en movimiento a través de la línea de fuerza de un campo magnético, aparecen fuerzas potenciales en el conductor. Estas diferencias en el potencial provocan una resistencia adicional en el conductor calentándolo.

Una corriente alterna que esté pasando a través de un cable puede inducir una corriente en otro cable paralelo a él. Si el alambre en el que se está induciendo corriente no tiene la capacidad adecuada para la cantidad de corriente inducida propiciará un calentamiento por resistencia.

CALENTAMIENTO DIELECTRICO.- Debido a que todos los materiales aislantes con que se cuenta hasta ahora, dejan algo que desear como aislantes perfectos, existe siempre algo de corriente cuando los aislantes se someten a voltajes conside

rables. A este tipo de corriente se le conoce comúnmente como "fuga de corriente" y desde el punto de vista de generación de calor normalmente no es importante, pero si el aislante no es el adecuado para el servicio (por razones de economía, ahorro de espacio, etc.,), la fuga de corriente puede exceder de los límites seguros provocando un calentamiento del aislante con el consiguiente deterioro del material hasta su falla.

**CALENTAMIENTO POR ARCO.**- El arco ocurre cuando se interrumpe un circuito eléctrico que esté transportando corriente. La interrupción puede ser accidental o intencional. La temperatura del arco es muy alta y puede ser suficiente para provocar la ignición de materiales combustibles o inflamables. En algunos casos el arco puede fundir al conductor propiciando el esparcimiento de gotas de metal fundido. Un requerimiento de un circuito eléctrico seguro es la prevención de arcos.

**CALENTAMIENTO POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA.** La electricidad estática es una carga eléctrica que se acumula sobre la superficie de dos materiales que han sido puestos en contacto y luego separados. Si los materiales no están unidos o aterrizados, acumularán carga eléctrica suficiente de tal forma que pueda ocurrir una chispa. Los arcos estáticos son, normalmente de poca duración, aunque algunos son capaces de propiciar la ignición de gases y vapores inflamables. Este punto es de particular importancia en la industria de termoplásticos, los cuales son especialmente susceptibles a acumular electricidad estática.

### 1.4.3.- ENERGÍA CALORÍFICA MECÁNICA.

El calor por fricción es el responsable de la mayoría de los fuegos provocados por energía calorífica mecánica, aunque también es importante la energía calorífica desprendida por compresión. Esta clasificación se descompone principalmente en:

**CALOR POR FRICCIÓN.**- El calor por fricción es el que se genera cuando dos sólidos se ponen en contacto para vencer la resistencia al movimiento utilizando energía mecánica en uno de ellos. Cualquier fricción genera calor, el peligro depende de la cantidad de energía mecánica que se transforma a calor y la velocidad a la que esta se genera.

**CHISPAS POR FRICCIÓN.**- En este caso se habla de chispas que se generan por el choque de dos superficies duras, en donde al menos una es metálica (normalmente). Las chispas por fricción se forman de la siguiente manera: el calor generado por el impacto o la fricción calienta originalmente a la partícula, luego, dependiendo de la facilidad de oxidación y del calor de combustión de la partícula metálica, la superficie fresca expuesta se puede oxidar a esa temperatura y el calor de oxidación propiciará otro aumento de temperatura hasta que llegue a la incandescencia.

Aunque la temperatura necesaria para la incandescencia varía para cada metal, esta se encuentra muy arriba de la temperatura de ignición de los materiales inflamables (por ejemplo la temperatura de una chispa producida por una herramienta

ta de acero alcanza los  $1,400^{\circ}\text{C}$ . Las chispas de aleaciones de cobre níquel con pequeñas cantidades de fierro alcanzan los  $260^{\circ}\text{C}$ ).

En general el níquel, el monel y el bronce tienen un peligro de chispa muy ligero. El acero inoxidable tiene menos riesgo que el acero común. Se han diseñado herramientas especiales a base de cobre - berilio y otras aleaciones para su uso en áreas peligrosas.

**CALOR POR COMPRESIÓN.**- El calor por compresión es el que se desprende al comprimir un gas (también se conoce como efecto diesel). Se ha demostrado en pruebas que cuando se dirige una corriente de aire (de 15 psig), hacia un bloque de madera, este iniciará la ignición. Aparentemente las ondas de compresión que llegan a la madera se transforman en calor, lo cual aumenta la temperatura del bloque hasta su punto de ignición.

### 1.5.- EXPLOSIONES.

Una explosión es un efecto producido por la expansión violenta de gases. Este proceso de transformación física y/o química rápida a trabajo mecánico, acompañado por un cambio en su energía potencial, puede estar también acompañado por ondas de choque y/o falla de materiales de construcción o estructuras. Una explosión puede resultar de:

- Cambios químicos tales como la detonación de un explosivo o la combustión de una mezcla inflamable de gas aire.

- Cambios físicos o mecánicos tales como la falla y estallido de recipientes sujetos a presión.
- Cambios atómicos.

El trabajo mecánico que se desarrolla durante una explosión se debe a una expansión rápida de gases, sin importar si estos ya estaban presentes o se formaron al momento de la explosión.

Asociados al término "explosión" están los términos "deflagración" y "detonación", ninguno de los cuales se deberá confundir con el de una explosión.

#### DEFLAGRACION:

Una deflagración es una reacción exotérmica la cual se propaga de los gases que se están quemando hacia el material que no ha reaccionado por convección, radiación o conducción. En este proceso la zona de combustión avanza a través del material a una velocidad menor a la del sonido.

#### DETONACION:

En contraste, una detonación es una reacción exotérmica caracterizada por la presencia de una onda de choque en el material, la cual establece y mantiene la reacción. Una diferencia distintiva es que la zona de reacción se propaga a una velocidad mayor a la del sonido hacia el material que no ha reaccionado. El principal mecanismo de calentamiento es el de compresión por choque; el aumento de temperatura está directamente asociado con la intensidad de la onda de choque más que por

la conducción térmica. El desprendimiento de energía química en la reacción suministra energía a la onda de choque, que de otra forma podría decaer en presión. Por lo tanto una detonación se puede pensar como una reacción exotérmica soportada por ondas de choque.

Los efectos destructivos de las detonaciones dependen principalmente de la cantidad de material detonante y de su distancia al objetivo. Las presiones de choque cercanas a un líquido o sólido explosivo durante la detonación andan en la región de miles de libras por pulgada cuadrada, pero la presión cae rápidamente con la distancia -- debido a la expansión del gas del ambiente.

### 1.5.1. - EXPLOSIONES TERMICAS.

El término "explosión térmica" significa descomposición exotérmica de material inestable debidas a un sobrecalentamiento. Al aumentar la temperatura, la velocidad de descomposición del material inestable aumenta también. La expansión térmica del material o la generación de gases (o ambos) dá como resultado la falla del recipiente que lo contiene.

Las circunstancias que propician una explosión térmica involucran la velocidad de descomposición del material inestable como función exponencial de la temperatura y a la geometría del recipiente que lo contiene ya que las características de este afectan a la transferencia de calor.

Si la velocidad de extracción de calor es menor a la velocidad de generación de calor --

debido a la descomposición química, la reacción se detendrá, en caso contrario la descomposición se--acelerará.

### 1.5.2.- EXPLOSIONES POR DEFLAGRACION O DETONACION DE GASES.

De acuerdo a las definiciones anteriores, si una mezcla vapor inflamable/aire contenida en un recipiente llega a un punto de ignición y la presión resultante rompe el recipiente, se puede establecer que existe una explosión. Si el recipiente no se rompe y contiene a la deflagración o detonación entonces no existe una explosión ya que no se alcanzó el criterio para trabajo mecánico.

Las mezclas de gas o vapor con aire tienen límites de inflamabilidad (deflagración) y detonación; estos definen las propiedades combustible a oxidante arriba del cual las mezclas pueden ser quemadas o detonadas. Los límites de detonación son dependientes del estímulo iniciador y del ambiente; estos límites normalmente son del mismo rango que los límites de inflamabilidad. En mezclas estequiométricas para gas/aire, se obtienen presiones máximas de aproximadamente 3 veces la presión inicial como resultado de una deflagración; este incremento de presión puede ser hasta 20 veces en mezclas combustible/oxígeno.

Las presiones resultantes en detonaciones de gas son aproximadamente del doble de las correspondientes a deflagraciones, y la presión reflejada es aún mayor. Entonces, la detonación de una mezcla combustible/oxígeno puede dar un incremento en presión de 40 veces la presión inicial.



Aunque las presiones producidas en la detonación de gases son mucho menores a las que se encuentran con sólidos o líquidos explosivos, las detonaciones de gas pueden ser muy destructivas. Ya que la reacción es supersónica y la presión no puede ser aliviada totalmente por áreas de venteo o discos de ruptura.

### 1.5.3.- EXPLOSIONES POR DEFLAGRACION DE POLVOS.

El encendido de polvos combustibles en aire es similar a las mezclas de gas inflamable/aire con la excepción de que las mezclas de polvo-combustible/aire que se encuentran normalmente, no detonan. En algunos casos, tales como las minas de carbón en donde existen un grado considerable de confinamiento y tiros demasiado largos, las nubes de polvo de carbón han detonado.

### EXPLOSIONES POR DEFLAGRACION DE LIQUIDOS EN AIRE.

Las llamadas explosiones de líquidos en aire son deflagraciones de gotas de líquido inflamable finamente divididas y suspendidas en aire. Estas se forman normalmente por condensación de vapor inflamable en aire. La ignición de estas mezclas puede dar como resultado algunas deflagraciones violentas.

### 1.5.4.- EXPLOSIONES POR DESCOMPOSICION.

Algunos compuestos endotérmicos se pueden descomponer casi instantáneamente. Los ejemplos más notables de las reacciones de descomposición rápidas de este tipo son las explosiones de acetileno y de hidrógeno.

Las explosiones por descomposición están acompañadas normalmente por el desprendimiento de grandes cantidades de gases calientes. En general se puede decir que la velocidad a la cual se desprenden los gases calientes, ya sea directamente de la reacción o cuando se rompe el recipiente, determinará la violencia de la explosión.

En líquidos y gases explosivos, la descomposición química es un factor importante. La característica de los materiales líquidos detonables más poderosos (y que generalmente son los que tienen iniciación más rápida), es la existencia de regímenes de velocidad de detonación, más alta y más baja. Las detonaciones de baja velocidad resultan cuando hay fuentes de ignición débiles. En ambos casos, la cantidad y arreglo geométrico del líquido son factores importantes. Las presiones desarrolladas por una detonación de baja velocidad son de aproximadamente de una décima parte (1 -300,000 - psi), de la desarrollada por detonaciones de alta velocidad las cuales andan en el rango de millones de psi.

Aunque las detonaciones normalmente son iniciadas por ondas de choque estas pueden resultar también de un fuego.

#### 1.6.- TEORIA DEL CONTROL DE FUEGOS Y EXPLOSIONES.

Los procesos de combustión se ha observado que ocurren de dos formas: El tipo flama (en donde se incluyen las explosiones) y el tipo de superficie libre de flama (en donde se incluyen el encendido sin flama y las chispas).

El proceso de combustión es extraordinariamente complejo y está sujeto a mucha investiga-

ción, aunque se ha obtenido suficiente información al hacer posible que se pueda visualizar como se ilustra en la fig. 1.2. El tipo flama se puede imaginar como un tetraedro en el cual, cada uno de los cuatro lados es contiguo a los otros tres, representando cada lado, uno de los requerimientos básicos para que pueda ocurrir este tipo de fuego: combustible, temperatura, oxígeno y reacción de combustión.

Como se muestra en el lado derecho de la ilustración, el tipo de combustión de superficie puede ser representado correctamente en la forma del triángulo tradicional, en el cual, cada uno de los tres lados representa uno de los tres requerimientos básicos: combustible, temperatura, oxígeno.

Estas dos formas no son mutuamente exclusivas; estas pueden ocurrir ya sea cada una por separado o en combinación. Los líquidos y gases inflamables se queman únicamente mediante el tipo flama. La mayoría de los plásticos sólidos se pueden considerar para este propósito como "líquidos-inflamables solidificados o congelados" y como tales, primero se fundirán con la suficiente retroalimentación térmica antes de quemarse.

Algunos ejemplos en los cuales existen ambos tipos de combustión son: combustibles sólidos de carbón como el carbón de hulla, carbohidratos sólidos como el azúcar, ligninas celulosicas sólidas como la madera y los plásticos termofijos que no se funden.

De lo anterior, es aparente que con la combustión tipo flama existen cuatro formas disting

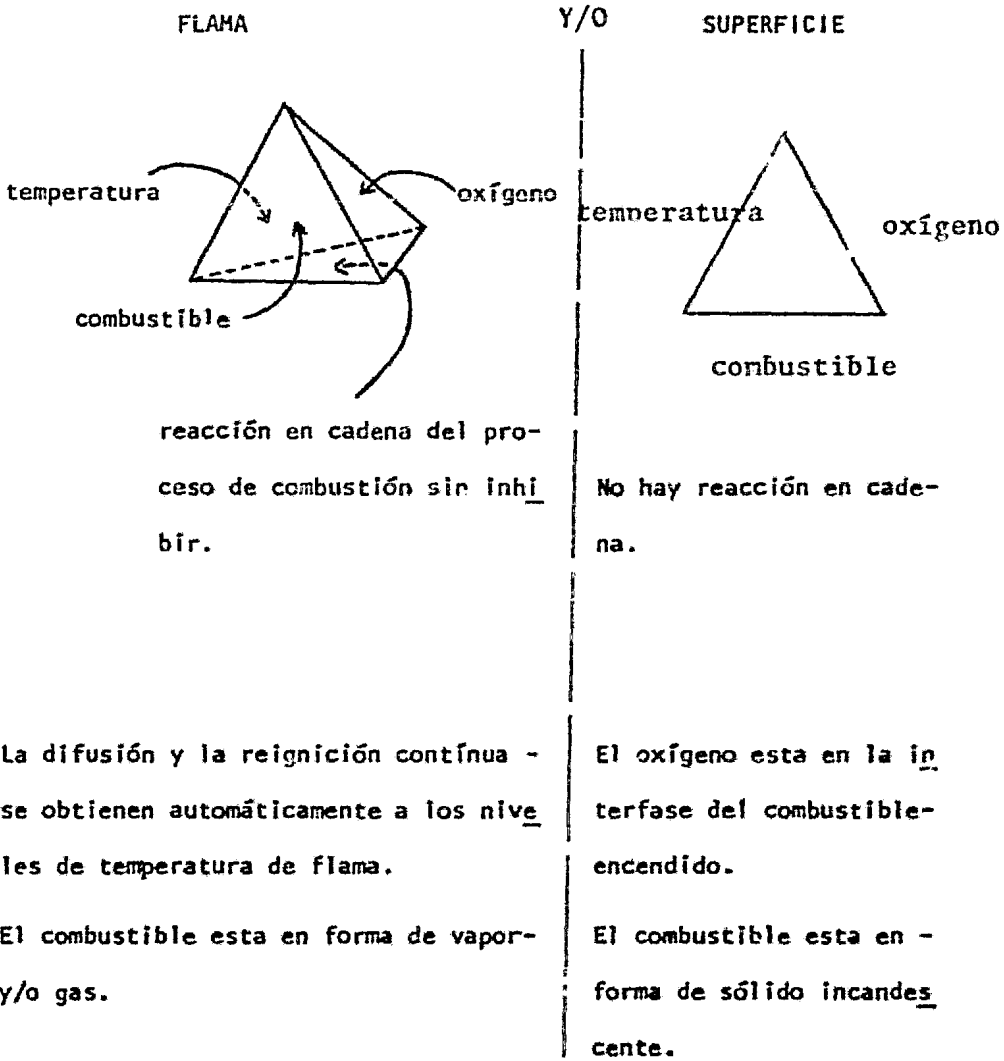


FIG. 1.2 PEQUERIMIENTOS DE LOS TIPOS BASICOS DE SISTEMAS DE FUEGO.

tas y separadas de control de fuego y explosión, - si se compara con la combustión de superficie en - la cual existen solo tres formas distintas y separadas de control. (Notar que el control de explosiones no está, por sí, involucrado directamente - a menos de que los gases de combustión esten pre - sentes: tales gases pueden propiciar que se inicie una combustión tipo flama).

### 1.6.1.- EXTINCIÓN POR ENFRIAMIENTO.

Bajo condiciones de fuego, el agua, apli cada como una corriente directa o en un patrón de - espreado de ángulo amplio, es el medio más efectivo de extraer calor de materiales combustibles ordina rios, tales como la madera, el papel, la paja y - otros materiales utilizados en la construcción y - decoración de edificios. El mecanismo de extin - ción está basado en el enfriamiento del combusti - ble sólido con lo que se reduce y, al último, se - para la velocidad de desprendimiento de vapores y - gases combustibles. Esta acción de enfriamiento - también propicia la formación de vapor, lo cual - es más notable con el patrón de espreado de ángulo amplio.

La eficiencia de un agente extintor como medio para enfriar depende de los calores específi co y latente así como de su punto de ebullición.

Las mejores propiedades del agua son: -- los valores relativamente altos de calor específi co y calor latente y sobre todo la facilidad para - obtenerse. El agua constituye un problema para su - manejo, sobre todo cuando se trata de lanzar a -- grandes distancias.

El agua absorbe los rayos infrarrojos - producidos por el fuego y su acción de enfriamiento se realiza por la siguiente secuencia: conducción, evaporación y convección del calor desde la superficie hacia otros lados. La capacidad del agua como agente extintor se puede resumir en lo siguiente:

Un gpm se puede esperar que absorba 1000 BTU/min cuando se utiliza a 15°C y se evapora y sobrecalienta a 260°C.

El agua se expande aproximadamente a 2,500: 1, reduciendo grandemente el oxígeno en espacios cerrados.

El agua puede inducir corrientes de aire. En un esparado de agua a 30° y con una presión de descarga de 100 psi, se inducen aproximadamente 30 CFM de aire hacia la corriente de agua.

Se puede esperar que el agua extinga un fuego en compartimiento interior que involucre "combustibles ordinarios" en la cantidad de 100 ft<sup>3</sup>/gpm.

Al agua se le pueden añadir surfactantes para promover penetración y poder humectante.

Debido a que el calor se está transfiriendo continuamente por conducción, convección y radiación sólo es necesario absorber una proporción pequeña del calor total que se está produciendo durante el fuego, para poder extinguirlo por enfriamiento; de cualquier forma el agua deberá llegar hasta la fuente del fuego. Se requiere buena

visibilidad para hacer esto correctamente, a menos que se utilicen rociadores automáticos, en donde - la descarga ocurre en las primeras etapas del fue- go. Estos se recomiendan principalmente en áreas - de mucho peligro, áreas de almacenamiento vertical, estructuras muy altas y lugares de acceso difícil.

### 1.0.2.- EXTINCIÓN POR DILUCIÓN DE OXIGENO.

Este tipo de extinción se aplica única - mente cuando se está consumiendo oxígeno gaseoso - (no es posible aplicarlo cuando el oxígeno está - formando parte de la molécula del combustible). La dilución de oxígeno se realiza normalmente con ga- ses inertes ( $N_2$ ,  $CO_2$ , etc.), o por la formación de vapor generado por la aplicación de agua (como se vió en el punto anterior). El grado de dilución - de oxígeno que se requiere varía grandemente con - el combustible en particular o la combinación de - estos, por ejemplo la madera se sabe que continúa - el fuego (del tipo de superficie) con niveles de - oxígeno de 4 - 5 %.

### 1.0.3.- EXTINCIÓN POR EXTRACCIÓN DE COMBUSTIBLE.

Desde el punto de vista químico, los ma- teriales combustibles se pueden poner dentro de las siguientes categorías:

- Carbono y otros no metales fácilmente-oxidables como azufre, fósforo y arsénico.
- Hidrocarburos.
- Compuestos que contienen carbono, hi- drógeno y oxígeno como alcoholes, al- dehídos, ácidos orgánicos celulosicos, etc.

- Muchos metales y sus aleaciones (incluyendo: Sodio, potasio, magnesio, aluminio, zinc, titanio, zirconio y uranio).

La extracción del combustible se puede realizar sacando literalmente el combustible; indirectamente extrayendo los vapores combustibles del lugar de la combustión en los fuegos de tipo flama, o simplemente cubriendo el combustible en fuegos sin flama.

- Muchos fuegos de tanques grandes con líquidos inflamables han sido extinguidos al bombear el líquido hacia otro tanque vacío.
- Si se presenta una situación como en el punto anterior en donde se tiene almacenado un líquido con un punto de ebullición mayor a la temperatura de almacenamiento y no es posible bombear el líquido hacia un tanque vacío, entonces con una agitación apropiada se puede hacer que el líquido frío del fondo suba a la superficie y desplace al caliente hacia el fondo esto dará como resultado que la flama esté deficiente de vapores combustibles.
- En el caso de fuegos de gas que resulten por líneas o conexiones rotas, la única forma segura de extinguirlo es cerrando la válvula anterior de la fuga.

Un método que se ha convertido en procedimiento estándar para atacar fuegos de tanques de petróleo es cubriendo el combustible líquido



que se está quemando con mantas especiales para combatir fuegos, con espuma de soluciones acuosas-aereadas o concentradas de espuma como las que se mencionan en el capítulo VII de este trabajo.

Una versión relativamente nueva del método descrito en el punto anterior utiliza una película muy delgada (en lugar de espuma) que se aplica sobre hidrocarburos combustibles. La película - conocida como "película acuosa formadora de espuma", consiste en poner una solución acuosa de ácido perfluorocarboxílico sobre la superficie del líquido que se está quemando.

En fuegos que involucran combustibles solubles en agua como alcoholes, aldehídos y cetonas, con sólo humedecerlos suficientemente se sube su punto de ebullición bajando la presión de vapor del combustible para que los vapores no sean suficientes para formar una mezcla inflamable vapor-combustible/agua.

#### 1.6.4.- EXTINCION POR INHIBICION QUIMICA DE FLAMA.

La extinción de fuegos por enfriamiento, dilución de oxígeno o por extracción del combustible, son métodos utilizables en cualquier tipo de fuego (ya sea de flama o de superficie). La extinción por inhibición química de flama sólo se aplica al tipo de fuego con flama, este método se entiende sólo parcialmente y está sujeto a mayor investigación. El efecto sobresaliente de este método es la rapidez extrema y la alta eficiencia relativa con la cual se puede extinguir la flama. Esto se puede apreciar completamente cuando se establece que el método, cuando se aplica apropiadamente,

es el único medio por el cual se puede prevenir -- una explosión de una mezcla inflamable gas/aire - (o aún gas/oxígeno), después de que ha ocurrido la ignición. Las aplicaciones del método varían desde unas muy simples hasta otras más sofisticadas - en las que se utilizan aparatos de detección de - fuegos de alta respuesta como las desarrolladas - por Fenwal Inc. (ref. 3,4,5).

Como se ha mencionado, un fuego por flama es una reacción en cadena, en donde se forman - especies activas (o transportadores de cadena, que para el caso del sistema hidrógeno/oxígeno serían  $\text{OH}^*$   $\text{O}^*$  y  $\text{H}^*$ , en donde el asterisco representa que es una especie activa).

La extinción por inhibición de flama sólo es posible cuando no se les permite a las especies activas que continuen su función manteniendo la flama. Los agentes extintores que hacen esto, - son capaces de realizarlo sin ayuda de ningún otro método de extinción de flama (como enfriamiento, - dilución de oxígeno, o extracción de combustible), y pueden hacerlo con prontitud y eficiencia.

La forma exacta en la cual se interfiere a las especies activas para evitar que continuen propagando la flama es desconocida hasta el - momento pero, se conoce definitivamente a las subs - tancias que tienen esta propiedad y se les puede - clasificar en tres categorías:

**HIDROCARBUROS HALOGENADOS**, gaseosos y lí - quidos en los que la efectividad aumenta al aumentar el orden de los halógenos que se utilizan.

Algunos ejemplos de uso actual son:

NOMBRE	FORMULA	NOMBRE COMERCIAL
Bromotrifluorometano	$\text{CBrF}_3$	Halon 1301
Bromoclorodifluoro - metano.	$\text{CBrClF}_2$	Halon 1211
Dibromotetrafluoroetano.	$\text{CBrF}_2\text{CBrF}_2$	Halon 2402

existen muchos más pero el factor limitante es la estabilidad de los compuestos y los niveles de toxicidad aceptables.

SALES DE METALES ALCALINOS, en donde la porción catiónica es sodio o potasio y la porción aniónica pueda ser un bicarbonato, carbamato o un haluro, algunos ejemplos de uso actual son:

NOMBRE	NOMBRE COMERCIAL
Ricarbonato de Sodio	"Polvo químico seco regular"
Ricarbonato de Potasio	"Purple K"
Carbamato de Potasio	"Monnex"
Cloruro de Potasio	"Super K"

En este caso el factor limitante es la formación de hidratos (altamente higroscopicos y tóxicos).

SALES DE AMONIO.- El más importante de -  
estos es el fósforo monoamónico en donde el catión  
es el amonio  $(\text{NH}_4)^+$  y el anión es el fosfato.

Con la inyección de estos materiales a -  
la flama la sustancia se disocia termicamente en  
sus partes aniónicas y catiónicas y catalizan la -  
unión de las especies activas que propagan la fla-  
ma, impidiendo que continuen haciéndolo con lo que  
se extingue la flama.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Fire Protection Handbook; Mc Kinnon, G.P.; -- 14 th ed. National Fire Protection Association (1976), Boston, Mass.
- 2.- Handbook of industrial loss prevention; Factory Mutual System; 2 nd ed, Mc Graw Hill (1976); New York, N.Y.
- 3.- Fenwal Explosión Suppresion System manual; - Fenwal Inc. (1977), Ashland, Mass.
- 4.- Explosion protection for centrifuges, Peterson P.E y H.R. Cutler; Chem. Eng. Prog. Vol. 69, - No. 4, p. 42 (1973).
- 5.- Fire extinguishing chemicals, Haessler, W.M., - Chem. Eng., deskbook issue, Feb. 26, (1973).

CAPITULO II.- CAUSAS PRINCIPALES DE FUEGOS Y EX  
PLOSIONES EN LA INDUSTRIA DE LOS -  
TERMOPLASTICOS.

## 2.1.- PRINCIPALES CAUSAS DE FUEGOS.

### 2.1.1.- CAUSAS ELECTRICAS.

La mayoría de los fuegos eléctricos tienen como causa, defectos en las conexiones y alambrados, sobrecarga en circuitos sin protección adecuada, protecciones de sobrecarga en mal estado, arcos y chispas de interruptores o escobillas en áreas peligrosas, motores y circuitos fuera de estándares así como mal uso del equipo.

La prevención de este tipo de fuegos se puede realizar por un lado, mediante un programa adecuado de mantenimiento preventivo, con el que se conserven limpios y lubricados los motores, apretadas las conexiones y reemplazar las partes en movimiento periódicamente, además de dar protección a los cables, alambres y conduíts contra daños mecánicos y deterioro causados por aceites, calor, agua y productos químicos.

Por otro lado el diseño de los equipos y sistemas eléctricos, con sus protecciones de sobrecarga y calentamiento, correctamente seleccionados tanto por la capacidad como por clasificación de área peligrosa, es imprescindible en el diseño preventivo. De especial importancia en la industria de plástico es mantener los interruptores y arrancadores para equipo eléctrico de proceso y almacenamiento de materias primas en un centro de control de motores, fuera de estas áreas.

### 2.1.2.- CAUSAS MECANICAS.

Bajo esta denominación se clasifican los fuegos ocasionados por chispas de combustión, cor-

te y soldadura, fricción, equipos locomotores, etc.

#### CHISPAS POR COMBUSTION.

Estos incluyen fuegos causados por chispas de incineradores, chimeneas, quemadores y equipos de proceso con flama abierta.

La forma de prevenir estos fuegos es por medio de un buen diseño que incluya cámaras de combustión perfectamente cerradas con arresta-flamas a la descarga de los gases de combustión. Los incineradores de gases de combustión. Los incineradores de gases de proceso y venteos deberán diseñarse en base a la capacidad máxima de venteo, localizados de acuerdo a la radiación de calor que emanan y la dirección de los vientos predominantes de lugar.

#### CORTE Y SOLDADURA.

La mayoría de los peligros de corte y soldadura están asociados al uso de equipo portátil en los trabajos de construcción, mantenimiento y reparación. Los fuegos se ocasionan por el arco o la flama del equipo en sí, por la conducción de calor de los metales que están siendo cortados o soldados y por la escoria de metal fundido que al esparcirse por el área de trabajo, entra en contacto con material inflamable.

La prevención para evitar fuegos por estas causas involucra el uso de permisos de fuegos, limpieza de material combustible en el área de trabajo, extinguidores al pie de la obra, entrenamiento al personal y supervisión adecuados.



## CHISPAS POR FRICCIÓN.

Estos incluyen fuegos causados por calor de fricción o por chispas que resultan del impacto entre dos superficies duras, que al menos una de ellas es metálica.

El calor de fricción puede resultar de baleros calientes, partes de maquinarias en movimiento desalineadas o rotas, taponamientos o depósito de material en las partes móviles de un equipo y poleas y bandas mal ajustadas.

Las chispas causadas por choque entre dos superficies duras normalmente se debe a herramientas que caen o golpean pisos de concreto, maquinaria o tuberías.

Este tipo de fuegos se previene por medio de un programa sistemático de mantenimiento y lubricación bajo la supervisión de una persona calificada, como parte del programa se sugiere: Lubricar o reemplazar baleros secos o gastados, lubricar cualquier otro punto de fricción, mantener las partes en movimientos alineados y la tensión adecuada en las bandas; requiriendo particular atención los equipos que operan continuamente a altas velocidades.

En las áreas de alta peligrosidad se recomienda el uso de herramientas de bronce para evitar en lo posible la generación de chispas.

## CHISPAS EN EQUIPOS DE LOCOMOCION.

En esta clasificación se incluyen todos los fuegos causados por chispas generadas en las cámaras de combustión y en los sistemas de ignición de los equipos de locomoción.

Para los equipos de locomoción, es necesario restringir su tránsito en áreas peligrosas o sus vecindades cuando el proceso lo requiera. Es -  
tos equipos deben estar acondicionados con arresta  
flamas a la salida de los gases de combustión, ge-  
neradores o alternadores totalmente cerrados, in-  
terruptores automáticos del sistema eléctrico para  
casos de corto circuito o sobrecarga y capuchones-  
de hule a prueba de chispa en los contactos de las  
bujías y batería cuando sea necesario su tránsito-  
y operación en áreas de proceso peligrosas.

### 2.1.3.- CALENTAMIENTO.

Bajo esta clasificación se encuentran --  
los fuegos causados por temperaturas anormales de  
proceso, especialmente aquellas que involucran ca-  
lentamiento a materiales inflamables y materiales-  
degradables en secadores. Así como los fuegos oca-  
sionados cuando el calor irradiado de calderas, -  
chimeneas, ductos calientes, lámparas eléctricas o  
hierros y metales que se calientan durante el pro-  
ceso; incendian materiales inflamables.

En el primer caso es necesario incluir -  
en el diseño del proceso, dispositivos de alarma -  
en varias partes del equipo que disparen acciones-  
correctivas ante pequeñas elevaciones en las tem-  
peraturas del proceso. Para desviaciones mayores, -  
deberán cortar la alimentación de materia prima y  
calentamiento.

De así permitirlo, el proceso o equipo, -  
adicionalmente se instalan detectores de fuego den-  
tro del equipo que actuarán sistemas de extinción-  
una vez iniciado el fuego.

En el segundo caso se previene al realizar un diseño seguro y con buen mantenimiento en las tuberías que transportan líquidos o gases inflamables e instalando entre las superficies calientes y los materiales combustibles aislamiento y suficiente espacio para permitir la circulación de aire.

#### 2.1.4. ACCION QUIMICA.

En esta denominación se consideran los fuegos ocasionados por procesos fuera de control, descomposición de productos químicos inestables, ignición espontánea de materiales acumulados en secadores, tuberías y ductos sujetos a calentamiento y por desechos industriales.

En lo referente a procesos fuera de control, aplica básicamente el mismo diseño preventivo que en el punto anterior, sólo que las variables a controlar, con alarmas y acciones correctivas, serán las críticas del proceso. Así mismo deberán instalar dispositivos de desfogue para los efectos del descontrol de las variables. Por ejemplo: Para presión se instalarán válvulas de alivio, discos de ruptura o venteos a chimeneas; para velocidad de reacción se contará con inhibidores, facilidad de descargar la mezcla, capacidad de enfriamiento sobrediseñada, etc.

Para los otros casos, se previene con un manejo y almacenamiento cuidadoso de los materiales, evitando principalmente el calor y movimientos bruscos. Se recomienda retirar los desechos químicos hacia áreas confinadas o fuera de planta diariamente; limpiar secadores, ductos y tuberías frecuentemente y aislar las áreas de almace

namiento de materiales sujetos a ignición espontánea así como dotarlos de sistemas de rociadores o espuma automáticos.

#### 2.1.5.- ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

Los fuegos propiciados por esta causa es la ignición de vapores, polvos y líquidos inflamables por descarga de electricidad estática acumulada en el equipo, materiales o cuerpo humano. En la industria del plástico esta causa es de primordial importancia, ya que tanto sus materias primas como el equipo y el producto son agentes electrostáticos muy activos.

Toda planta de termoplásticos deberá contar con un sistema de tierras y pararrayos, a la cual deberán estar conectados todos los equipos, tuberías y ductos de proceso, teniendo cuidado de evitar toda interrupción en el sistema de tierras, tales como empaques o cualquier otro tipo de aislamiento entre las conexiones metálicas.

En algunos casos es necesario ionizar y humectar el ambiente.

#### 2.1.6.- FACTOR HUMANO.

Dentro de las causas más importantes del fuego y explosiones, debe considerarse la intervención de un elemento humano. En general las más frecuentes son: Operación insegura, cigarrillos e incendiarismo.

En el primer caso, la educación, supervisión y entrenamiento debe ser máxima en situación

nes donde las actividades peligrosas dependen -  
principalmente del esfuerzo humano y que involu -  
cran hábitos personales.

El papel de ingeniero de diseño en este -  
caso, es prevenir y controlar circunstancias que -  
produzcan fatiga en el operador, tales como: ruido  
excesivo, ventilación deficiente, pobre ilumina -  
ción, calor y humedad excesivos.

En el segundo caso requiere, restringir -  
las áreas de fumar, prohibir la introducción de ce -  
rillos o encendedores a las instalaciones, orienta -  
ción y vigilancia.

## 2.2.- CAUSAS PRINCIPALES DE EXPLOSION.

En la industria de los plásticos las ex -  
plosiones se diferencian de los fuegos, principal -  
mente por la velocidad a la cual desprenden ener -  
gía.

La mayoría de los principios de preven -  
ción de fuego también se aplican a explosiones, pe -  
ro la aplicación de medidas determinadas varía -  
grandemente para procesos, equipos y materiales es -  
pecíficos. Sin embargo un buen conocimiento de co -  
mo y donde ocurren las explosiones nos permitirá -  
enfocar la atención en aquellos lugares que requie -  
ren de cuidado especial.

Las causas por lo general son debido a -  
una mala operación, pobre mantenimiento y un mal -  
diseño preventivo de seguridad.

### 2.2.1.- VAPORES INFLAMABLES.

La acumulación de vapores explosivos en habitaciones mal ventiladas y encerradas, así como la presencia de arcos y chispas eléctricas, flama-abierta y altas temperaturas en áreas donde existen líquidos de bajo punto de ebullición, son las causas principales de este tipo de explosiones.

Las medidas de prevención, por lo tanto, serán: el restringir el uso de equipos con flama-abierta o que generen chispas en las áreas de proceso que tengan presencia continua de vapores explosivos. La instalación de equipos eléctricos a prueba de explosión; una ventilación adecuada que prevenga la formación de mezclas explosivas y el evitar la introducción de líquidos volátiles en ambientes de alta temperatura.

En un sistema de ventilación que no opera adecuadamente, las causas pueden ser: velocidad muy baja, tipo incorrecto de ventilador, mal diseño de la campana o falta de entradas de aire en el local.

### 2.2.2.- FUGAS DE GASES.

La mayoría de las explosiones por fuga de gases resultan de tuberías, en cuartos ó áreas-cerradas, que accidentalmente se han dejado abiertas o sufren ruptura mecánica. Las fugas a través de sellos y acoplamientos, además de las emisiones propias del proceso son otras causas en este tipo de explosiones.

Sin embargo, el caso más peligroso es cuando en los tanques de almacenamiento de monómeros gaseosos ocurre una fuga continua.

Para el primer caso, se deben instalar - en las tuberías que manejan gases combustibles o monómeros, detectores de flujo interconectados con la fuente final de consumo, de tal manera que cualesquier flujo adicional detectado en la tubería, accione una alarma y/o cierre la válvula maestra de suministro.

En el segundo caso, se previenen principalmente por un buen programa de mantenimiento y donde las emisiones sean constantes por el tipo de proceso, es necesario contar con detectores de atmósferas explosivas que actúen un sistema fijo de  $CO_2$ , cuya función será disminuir la concentración de oxígeno a niveles no inflamables o explosivos.

En el tercer caso, ya desde la concepción inicial de la planta, el área de almacenamiento de monómeros debe establecerse lejos de las áreas de trabajo: con lo que se minimiza el riesgo por fuentes de ignición cercanas.

Las áreas de almacenamiento de monómeros o combustibles deben gozar de una constante supervisión, esto se logra cuando las bombas de carga al proceso, sólo pueden ser accionadas a pie del tanque de almacenamiento, obligando al operador o supervisor a estar presente en dicha área constantemente.

Los dispositivos de alivio o venteo, de preferencia, deberán estar conectados a un sistema de chimenea, así mismo en los posibles puntos de fuga, colocar detectores de atmósferas explosivas.

### 2.2.3.- EQUIPOS A PRESION.

La mayoría de las explosiones en esta categoría ocurren en ruptura de recipientes presurizados, equipos de proceso y tuberías relacionadas al mismo. El peligro de una liberación explosiva - de presión en estos equipos se previene considerando desde su diseño inicial los dispositivos apropiados de alivio de presión o vacío.

Imprescindible además será la reparación o sustitución periódica de los dispositivos que se encuentren defectuosos, una operación segura y un mantenimiento general al equipo.

### 2.2.4.- REACCIONES QUIMICAS.

Las explosiones por reacciones químicas - ocurren principalmente en equipos de proceso tales como celdas, reactores y autoclaves, aunque el potencial para recipientes de almacenamiento también es alto. Todo proceso de polimerización debe contar con dispositivos de alarma que proporcionen - con suficiente anticipación aviso sobre el disparo de una reacción; con lo que las acciones preventivas sean efectivas.

Sin embargo una vez que la reacción está fuera de control, los dispositivos de alivio deberán liberar presión para evitar la falla mecánica del equipo.

En el diseño de estos dispositivos es necesario considerar el aumento de viscosidad que - ocurre durante la liberación de presión, especialmente en reacciones de polimerización fuera de control.



El entrenamiento la supervisión y la -  
operación segura son los componentes principales,-  
desde el punto de vista humano, que evitan este ti  
po de explosiones.

### 2.2.5.- POLVOS.

En la industria Química la mitad de las-  
explosiones por polvo ocurren en equipos de molienda  
da, triturado y pulverizado. La otra mitad ocurre-  
en quemadores, secadores, transportes neumáticos y  
equipos de mezcla.

Para la Industria de los termoplásticos,  
los secadores, los sistemas de transporte y el -  
equipo de mezcla son partes muy importantes de su  
proceso, por lo que deberán recibir especial cuidado  
do durante su diseño.

Los secadores requieren dispositivos muy  
seguros de control de temperatura, donde la máxima  
permisible se establece de acuerdo a las caracte -  
rísticas de la materia prima. Es altamente reco -  
mendable la instalación, dentro del secador, de -  
dispositivos supresores de explosión.

El transporte de polvos explosivos re -  
quiere un conocimiento profundo de las propiedades  
físicas y químicas del material, ya que el diseño-  
del sistema se fundamenta en propiedades tales co -  
mo temperatura de autoignición presión máxima de -  
explosión, límite explosivo y temperatura máxima -  
de transporte.

Esto a su vez repercute en restricciones  
de las variables de diseño como son velocidad de -  
transporte longitud, caída de presión y temperatu -  
ra.

Los equipos de mezcla para polvos explosivos preferentemente deben estar previstos de atmósferas inherentes, totalmente aterrizados y en perfecto estado para evitar fugas de material hacia las partes en movimiento.

En los sitios o colectores de polvo donde se manejan este tipo de materiales, se requieren de sistemas de rociadores y/o sistemas supresores de explosión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Fire Protection Handbook, Mc. Kinnon, G.P., 14 th ed., National Fire Protection Association (1976), Boston, Mass.
- 2.- Handbook of Industrial Loss Prevention, Factory Mutual System; 2nd ed. Mc. Graw Hill Co. (1976), New York, N.Y.
- 3.- Ingeniería de Proyectos para plantas de proceso, Rase, H.F. y M.H. Barrow, 1a. ed. CECSA, (1973); México, D.F.

CAPITULO III.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE  
LOS MATERIALES USADOS EN LA INDUSTRIA  
DE TERMOPLASTICOS.

...

### 3.1.- DATOS DE TOXICIDAD, PRECAUCIONES EN EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.

#### 3.1.1.- ACIDO ACRILICO. $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$

USOS: Su polímero se utiliza como flóculo-lante, los copolímeros con ésteres del ácido acrílico, acrilonitrilo, butadieno y acetato de vinilo se utiliza para mejorar el acabado de las telas.

TOXICIDAD: (NOTA 8):  $\text{LD}_{50}$ : 340 mg/kg; -  
 $\text{LCL}_0$ : 6000 ppm/5hrs (ratas), es muy irritante a -  
 los ojos y piel, causa inflamación.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Se deberá almacenar en lugares frescos y bien ventilados (a temperaturas menores de  $14^\circ\text{C}$  este producto es estable y no polimeriza). Se deberá tener cuidado con sus vapores, ya que polimeriza y pueden tapar las - áreas de venteo o alivio. NOTAS: (1), (2), (4), (5)

PRIMEROS AUXILIOS: En caso de contacto - con los ojos se deberá lavar con abundante agua, - en contacto con la piel utilizar agua y jabón en - abundancia. Las quemaduras en la piel tratarlas en la forma usual.

FUGAS Y DERRAMES: Los derrames se debe - rán cubrir con bicarbonato de sodio, añadir agua y mezclar. Neutralizar y eliminar por el drenaje con suficiente agua.

TRATAMIENTO DE DESECHOS: Cargarlo direc- tamente o después de disolverlo en un solvente in- flamable al quemador para su combustión.

### 3.2.1.- ACRILONITRILLO: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$

USOS: Materia prima para resinas, fibras y hules sintéticos, antioxidantes, productos farmacéuticos, colorantes y surfactantes.

TOXICIDAD:  $\text{LD}_{50}$ : 93 mg/kg;  $\text{LCL} = 500$  ppm /4hr (ambos en ratas). Presenta dermatitis, lagrimeo, dolor de cabeza, vómito, mareo, diarrea, sofocación y muerte.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Es preferible almacenarlo en exteriores. Se deberá proteger de agentes oxidantes y reductores. Bajo ninguna circunstancia se deberá almacenar acrilonitrilo sin inhibir y sus recipientes se deberán proteger de cualquier daño físico. De preferencia se deberá almacenar bajo atmósfera inerte (por ejemplo con nitrógeno). NOTAS: (2), (3), (4) y (5).

PRECAUCIONES HIGIENICAS: No se debe permitir el fumar ni introducir comida a los lugares donde se trabaje con acrilonitrilo. Evitar la exposición a acrilonitrilo especialmente de personas que padezcan de enfermedades pulmonares o del hígado.

PRIMEROS AUXILIOS: Se deberá retirar todo el personal inmediatamente de áreas contaminadas. Lavar la piel rápidamente con abundante agua y jabón, los ojos con abundante agua. Administrar respiración artificial seguida por inhalación de nitrito de amilo cada 5 minutos, tratar al paciente con 10 c.c. de nitrito de sodio al 3% intramuscular (antes de 2 min), seguida de una dosis de 50 c.c. de tiosulfato de sodio al 25% también intramuscular. Hospitalizar. Cuando se trague accidentalmente se deberá inducir al vómito utilizando

tiosulfato de sodio al 1% oral e inyectar de inmediato 50 c.c. de tiosulfato de sodio al 25% intravenoso.

**FUGAS Y DERRAMES:** Primero absorber con papel y quemarlo, después añadir exceso de solución de hipoclorito de calcio e hidróxido de sodio. Después de una hora eliminarlo por el drenaje con suficiente agua.

**TRATAMIENTO DE DESECHOS:** Añadir solución alcohólica de hidróxido de sodio en exceso con agitación. Después de una hora evaporar el alcohol y añadir suficiente hipoclorito de calcio. Después de 24 horas eliminarlo por el drenaje con abundante agua.

3.1.3.- BUTADIENO:  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$

**USOS:** Materia prima para hules, resinas sintéticas y pinturas. Intermediario en síntesis orgánicas.

**TOXICIDAD:** LD<sub>50</sub>: 285 mg/kg; TLV: 1000 ppm. moderadamente tóxico a la inhalación y exposición. Ocasionalmente irrita la piel, ojos y nariz causando inflamación. Puede producir sofocación por exclusión de oxígeno; anestesia por inhalación de gas concentrado y al contacto de la piel con butadieno líquido puede producir congelación de la parte afectada.

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO:** El contacto con agentes oxidantes puede provocar la ignición; la exposición al aire forma peróxidos explosivos. Los recipientes se deberán proteger contra daños físicos. De preferencia almacenar en exteriores. Se de

berá almacenar con inhibidores de polimerización - (por ejemplo: di-n-butil amina o fenil-b-naftil- - amina), en fase líquida en recipientes a presión - o como gas en tanques cerrados con temperatura con - trolada abajo de 2°C. El equipo eléctrico deberá - ser de construcción resistente a la chispa. NOTAS: (1), (2), (5) y (6).

PRIMEROS AUXILIOS: Lavar bien los ojos o la piel contaminada.

FUGAS Y DERRAMES: Absorberlo con papel y quemarlo.

TRATAMIENTO DE DESECHOS: Se deberá que - mar. La incineración es más fácil cuando se mezcla con algún solvente más inflamable.

3.1.4.- METRACRILATO DE n-BUTILO:  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COO}-$   
( $\text{C}_4\text{H}_9$ ).

USOS: Manufactura de resinas metacríli - cas.

TOXICIDAD: LD<sub>50</sub>: 180000 mg/kg (ratas). - Tóxico por ingestión. La inhalación de vapores - concentrados puede causar desmayo.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Se deberá alma - cenar por separado de preferencia. Evitar estricta - mente los fuegos en el área de almacenamiento. NO - TAS: (2), (6).

FUGAS Y DERRAMES: Tratarlos en forma si - milar al 1,3. Butadieno.

TRATAMIENTO DE DESECHOS: Proceder de - acuerdo a lo que se menciona para el 1,3 Butadieno.



3.1.5.- 2-CLOROPRENO:  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}(\text{Cl})=\text{CH}_2$

USOS: Manufactura de hule sintético.

TOXICIDAD: TLV: 25 ppm;  $\text{LC}_{100}$ : 165 ppm/8hr (inhalado en ratas). Altamente tóxico por inhalación, ingestión o absorción por la piel. Produce conjuntivitis, dermatitis, edema pulmonar, pérdida de apetito, indigestión, nerviosismo, hipertensión y respiración entrecortada.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: NOTAS: (1), (2) (3), (5).

PRIMEROS AUXILIOS: Al contacto con los ojos, lavar con abundante agua. Las áreas del cuerpo contaminadas se deberán lavar con abundante agua y jabón. Si se ha ingerido se deberá realizar un lavado gástrico y una purga salina. El personal expuesto deberá ser revisado medicamente cada 6 meses, incluyendo un estudio del funcionamiento del hígado.

El tratamiento para derrames, fugas y de sechos es similar al utilizado en el caso del butadieno.

3.1.6.- CARBONATO DE ETILO:  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CO}_3$

USOS: Solvente para éteres de nitrocelulosa y celulosa, utilizado en la síntesis de resinas y para síntesis orgánicas.

TOXICIDAD: TDL : 456 mg/kg. Produce irritación a los ojos y al tracto respiratorio.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: NOTAS (2), (6), (5).

PRIMEROS AUXILIOS: Lavar los ojos con abundante agua. La piel lavarla con abundante agua y jabón.

FUGAS Y DERRAMES: Absorber en papel y quemarlo.

TRATAMIENTO DE DESECHOS: Mezclarlo con un solvente más inflamable y quemarlo.

3.1.1.- FTALATO DE DIMETILO:



USOS: Plásticos, pigmentos, lacas; plastificante para película de PVC y elastómeros; repelente de insectos y perfumería.

TOXICIDAD: LD<sub>50</sub>: 1500 mg/kg; TDL<sub>0</sub>: 852 mg/kg; presenta irritación de la piel y depresión del sistema nervioso central. Al tragarse provoca irritación de lengua, labios y boca, así como quemadura; vómito, diarrea y estado de coma. Por aspiración presenta irritación del tracto respiratorio parálisis y conjuntivitis.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: NOTAS (2), (5), (6).

PRIMEROS AUXILIOS: Lavar los ojos con agua. La piel lavarla con abundante agua y jabón.- Si se ha ingerido, hacer lavado estomacal salino.

El tratamiento para derrames, fugas y desechos es similar al utilizado para el caso del carbonato de etilo.

### 3.1.8.- ACRILATO DE ETILO: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COO}-(\text{C}_2\text{H}_5)$

USOS: Materia prima para resinas acrílicas, recubrimientos de emulsión y adhesivos para textiles y papel.

TOXICIDAD:  $\text{LD}_{50}$ : 830 mg/kg;  $\text{LDL}$ : 420 mg/kg. Presenta irritación seria a la piel, ojos y tracto respiratorio así como dolor de cabeza.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Los recipientes se deberán proteger de daños físicos. De preferencia se deberá almacenar en exteriores. Para almacenamiento donde la temperatura del material puede exceder a  $38^\circ\text{C}$ , se deberán tomar precauciones especiales para prevenir la polimerización. La autopolimerización no ocurre a temperaturas menores a  $10^\circ\text{C}$ . Se deberá conservar lejos de agentes oxidantes. NOTAS (2), (5), (6).

PRIMEROS AUXILIOS: Lavar los ojos con abundante agua. La piel lavarla con agua y jabón. Tratar las quemaduras de la forma común.

Las fugas, derrames y desechos se deberán tratar en forma similar al carbonato de etilo.

### 3.1.9.- ETILENO: $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$

USOS: Materia prima para el polietileno, acetaldehído, cloruro de etilo, óxido de etileno; utilizado para anestésicos, como medio de enfriamiento, solvente y para la manufactura del tetraetilo de plomo.

TOXICIDAD: La toxicidad en los humanos varía con la concentración como se muestra enseguida:

CONCENTRACION (%VOL)	85	51	46.7
Empieza reacción paralítica.	Instantáneo	40 seg.	60 seg
Falta de coordinación	Algunos seg.	8-9min.	12 min
Debilitamiento	55 seg.	-	-

Es ligeramente tóxico; a altas concentraciones provoca parálisis y falla del corazón.

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO:** Es preferible almacenarlo en exteriores. Nunca se deberá transportar junto con explosivos, venenos, sustancias radioactivas o peróxidos orgánicos. NOTAS: (5), (6).

**PRIMEROS AUXILIOS:** Administrar oxígeno o respiración artificial.

**FUGAS Y DERRAMES:** Se deberá mantener la concentración del gas por abajo del rango explosivo con ventilación forzada. Sacar el tanque o cilindro a una área abierta y dejarlo que fugue a la atmósfera.

**TRATAMIENTO DE DESECHOS:** Ajustar a una tubería desde el recipiente hasta un horno y quemarlo.

3.1.10. ISOPRENO:  $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH} = \text{CH}_2$

USOS: Manufactura de hules de poliisopreno y de butilo.

TOXICIDAD:  $\text{LCL}_0$ :  $150 \text{ mg/m}^2$ ; presenta -

irritación en la piel y membranas, es anestésico a altas concentraciones.

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO:** Es deseable su almacenamiento en exteriores. Se deberá analizar - su contenido de inhibidor y de material polimérico al menos una vez a la semana. NOTAS: (2), (4), (6). Para fugas, derrames y tratamiento de desechos, - actuar de acuerdo a lo mencionado en el caso del carbonato de etilo.

3.1.11.- ACIDO METRACILICO: 
$$\text{CH}_2 = \underset{\substack{| \\ \text{CH}_3}}{\text{C}} - \text{COOH}$$

**USOS:** Manufactura de resina metacrílica.

**TOXICIDAD:** LD<sub>50</sub>: 49 mg/kg. Provoca irritación de ojos, piel y tráquea.

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO:** Su almacenamiento deberá estar alejado de áreas residenciales. Se puede almacenar durante largos períodos de tiempo - con ó sin inhibidor si la temperatura se conserva por abajo de su punto de fusión. NOTAS: (2), (4), - (5), (6).

**FUGAS Y DERRAMES:** Cubrir con bicarbonato de sodio mezclar y añadir agua. Neutralizar y eliminar por el drenaje con suficiente agua.

**TRATAMIENTO DE DESECHOS:** Cargarlo directamente o después de disolverlo en solvente inflamable a un incinerador.

3.1.12.- METACRILONITRILO:  $\text{CH}_2 = \underset{\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \text{O} \\ \text{O} \end{smallmatrix}}{\text{C}} - \text{CN}$

TOXICIDAD:  $\text{LD}_{50}$ : 250 mg/kg;  $\text{LCL}_0$ : 1000 ppm/4hr.

Presenta dermatitis, lagrimeo crónico, dolor de cabeza, mareo, vómito, náusea, diarrea y muerte.

PRECAUCIONES HIGIENICAS: No se debe permitir el comer o fumar en las áreas de trabajo. Se deberán alejar de estas áreas a trabajadores con enfermedades del hígado.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Presenta ignición a temperatura ambiente, por lo que se deberá almacenar en lugares frescos. NOTAS: (2), (b).

PRIMEROS AUXILIOS: Se deberá extraer al paciente de las áreas contaminadas. Lavar los ojos con agua y el cuerpo con agua y jabón. Proporcionar respiración artificial y oxígeno si es necesario. Inhalar nitrato de amilo cada 5 minutos (este se deberá encontrar en maletín de primeros auxilios cercano al lugar de trabajo). Inyectar 10 c.c de solución de nitrato de sodio al 3% intravenoso, inmediatamente después 50 c.c. de solución de tiosulfato de sodio al 25% también intravenoso. Hospitalizar. Repetir las inyecciones cada hora, si no ha habido reacción. En caso de ingestión se deberá inducir al vómito con dosis orales de tiosulfato de sodio al 1%, continuando con los tratamientos descritos antes.

FUGAS Y DERRAMES: Absorber con papel. Es

perar que se evapore una parte (en una campana), - quemar el papel, también se puede tratar con exceso de hidróxido de sodio y solución de hipoclorito de calcio. Después de una hora eliminarlo por el drenaje con suficiente agua.

TRATAMIENTO DE DESECHOS: Añadir hidróxido de sodio en solución alcohólica en exceso y agitar. Después de una hora evaporar el alcohol y añadir suficiente hipoclorito de calcio. Después de - 24 horas eliminarlo por el drenaje con abundante - agua.

3.1.13.- METACRILATO DE METILO:  $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} (\text{CH}_3) \text{COO}-$

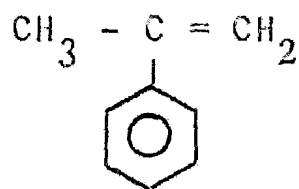
USOS: Materia prima para resinas polime-  
tacrílicas.

TOXICIDAD: TLV:  $410 \text{ mg/m}^3$ ;  $\text{LDL}_0$ :  $1800 \text{ mg/}$   
kg. Produce irritación del tracto respiratorio, do  
lor de cabeza, pérdida de apetito, somnolencia y -  
disminuye la presión arterial.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Almacenar de -  
preferencia en exteriores, para almacenar en inte-  
riores se deberá tener las precauciones utilizadas  
para líquidos combustibles. Se deberá conservar -  
alejado de materiales oxidantes. NOTAS: (2), (4), -  
(5), (6).

Para fugas, derrames y tratamiento de de  
sectos aplicar lo mencionado para el caso del car-  
bonato de etilo.

3.1.14.-  $\alpha$ METIL - ESTIRENO:



USOS: Monómero utilizado para la polimerización de resinas poliéster.

TOXICIDAD: TLV: 100 ppm ó 450 mg/m<sup>3</sup>; -  
LD<sub>50</sub>: 4 900 mg/kg, produce conjuntivitis, dermatitis e irritación de tráquea.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: NOTAS (1), (2); se deberá tener cerca un equipo de respiración del tipo canister.

PRIMEROS AUXILIOS: Lavar los ojos con abundante agua. En caso de contacto con la piel, lavar la parte afectada con abundante agua y jabón.

Para fugas, derrames y tratamiento de desechos actuar de acuerdo a lo mencionado para el carbonato de etilo.

3.1.15.- PROPILENO:  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$

USOS: Materia prima en la manufactura de polipropileno, alcohol isopropílico, isopropil-benceno, acetona y óxido de propileno.

TOXICIDAD: Muy ligera, en altas concentraciones produce parálisis y actividad irregular del corazón.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Almacenar en lugares frescos, bien ventilados y resistentes al




fuego. Proteger los recipientes de daños físicos.-  
NOTAS: (2), (4), (5), (6).

PRIMEROS AUXILIOS: Administrar oxígeno o respiración artificial.

FUGAS: Mantener la concentración del gas abajo del rango explosivo por medio de ventilación forzada. Sacar el tanque o cilindro a una área - abierta y dejar que se vacíe a la atmósfera.

TRATAMIENTO DE DESECHOS: Conectar una tubería directamente a un horno o chimenea y quemarlo con cuidado.

3.1.16.- ESTIRENO:  $\text{CH}_2 = \text{CH}$   


USOS: Plásticos, hules sintéticos, resinas, aislantes.

TOXICIDAD: TLV : 100 ppm; LD<sub>50</sub>: 4 920 mg/kg. Síntomas: conjuntivitis, irritación del tracto respiratorio, pérdida de apetito, náusea, vómito - mareo, somnolencia y dermatitis.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Se deberán evitar los recipientes de cobre o cualquiera de sus - aleaciones. El vidrio es particularmente bueno para almacenar pequeñas cantidades de estireno en refrigeradores o hieleras. Para almacenar cantidades mayores en forma segura se pueden utilizar tanques metálicos con venteos y algunos dispositivos para - casos de polimerización.

En climas calientes se deberá almacenar en un tanque provisto con alarma por alta temperatura. El monómero se deberá muestrear al menos una vez por semana para determinarle cantidad de inhibidor y polímero cuando se vaya a almacenar durante más de 30 días a temperaturas hasta de 88°C. - Los recipientes de almacenamiento deberán estar libres de estructuras internas y deberán contar con diques de contención y líneas a tierra. Además se puede utilizar nitrógeno para conservar una atmósfera inerte. No se deberá permitir que las bombas centrífugas trabajen con la línea de descarga cerrada, ya que esto puede propiciar la polimerización en la bomba. NOTAS: (1), (2), (5), (7).

PRIMEROS AUXILIOS: Lavar los ojos con abundante agua. La piel se deberá lavar con abundante agua y jabón.

Para fugas, derrames y tratamiento de de sechos actuar de acuerdo a lo mencionado para el carbonato de etilo.

3.1.17.- TFTRAFLUOROETILENO:  $F_2 C = CF_2$

USOS: Materia prima para productos de teflón.

TOXICIDAD: Moderadamente tóxico. Se deberá tener cuidado con el fluoruro de carbonilo tóxico (con formación de fluoruro de hidrógeno), que se desprende por combustión en aire y con otros materiales tóxicos que se forman por calentamiento en ausencia de aire: los síntomas que presenta son: irritación de ojos, fiebre, dolor de todo el cuerpo y de la garganta, náusea, vómito y dificultad para respirar.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Se deberán utilizar recipientes de alta presión. Para almacenamiento en exteriores, los recipientes se deberán proteger de la luz del sol directa. NOTAS: (1), (2), (5).

PRIMEROS AUXILIOS: Lavar los ojos con abundante agua. Administrar oxígeno con el uso de aparato de respiración presurizado intermitente. Indicado para edema pulmonar.

TRATAMIENTO DE DESECHOS: Sacarlo a la atmósfera.

3.1.18.- ACETATO DE VINILO:  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{O} - \text{CO} - \text{CH}_3$

USOS: Pinturas, adhesivos, vidrios de seguridad.

TOXICIDAD:  $\text{LD}_{50}$ : 2 920 mg/kg;  $\text{LCL}_0$ : 4000 ppm/4 hr. Baja toxicidad. Los vapores en altas concentraciones pueden ser narcóticos.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Los recipientes se deberán proteger de daños físicos. Se deberá aislar de agentes oxidantes y fuentes de ignición. Para almacenamiento bajo techo, se deberán considerar las precauciones normales para el almacenamiento de líquidos combustibles. NOTAS: (1), (6).

Para fugas, derrames y tratamiento de de sechos actuar de acuerdo a lo que se menciona para el caso del carbonato de etilo.

3.1.19.- CLORURO DE VINILO:  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{Cl}$

USOS: Materia prima para plásticos; síntesis orgánicas; medio de enfriamiento.

TOXICIDAD: TLV: 1 ppm;  $\text{LCL}_0$ : 250 ppm/4 -

hr. (ratas); TCL : .300 ppm (hombres). Produce - parálisis al respirar altas concentraciones del - gas y puede ser fatal. Produce también conjuntivitis y quemaduras en la cornea, dermatitis, dolor - de cabeza y disena.

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO:** Los recipientes se deberán proteger de daños físicos. Se deberá al macenar en lugares frescos y bien ventilados. Se - deberá mantener alejado de agentes oxidantes fuer- tes y fuentes de ignición. NOTAS: (3), (5).

**PRIMEROS AUXILIOS:** Lavar el área conta - minada con abundante agua y jabón. Los ojos se de - berán lavar con abundante agua.

Para derrames, fugas y tratamiento de de - sechos aplicar lo mencionado en el caso del carbo - nato de etilo.

3.1.20.- CLORURO DE VINILDENO:  $\text{CH}_2 = \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{CL} \\ \diagdown \text{CL} \end{array}$

**USOS:** intermediario en la manufactura de polímeros de vinilideno.

**TOXICIDAD:** TLV: 25 ppm; LDL 500 ppm/4hr  
**Sintomas:** irritación a los ojos, piel<sup>o</sup> y tracto res - piratorio, disnea.

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO:** Los recipientes se deberán proteger de daños físicos. Mantener ale jado de fuentes de ignición y agentes oxidantes. - NOTAS: (1), (2), (4), (5), (6).

**PRIMEROS AUXILIOS:** Lavar los ojos con - abundante agua. Las partes del cuerpo contaminadas lavarlas con abundante agua y jabón. Administrar - oxígeno con respirador artificial si es necesario.

Evitar el contacto de este material con personas enfermas del hígado, riñón o sistema nervioso central. A todo el personal que trabaje en áreas donde se maneje el cloruro de vinileno deben ser examinadas medicamente en forma continua.

Para fugas, derrames y tratamiento de de sechos, proceder de acuerdo a lo que se menciona para el carbonato de etilo.

**3.2. PROPIEDADES FISICAS DE MATERIAS PRIMAS DE USO COMUN  
EN LA INDUSTRIA DE TERNOPLASTICOS**

NOMBRE	P.M.	GRAVEDAD ESPECIFICA (AGUA=1)	DENSIDAD DEL VAPOR (AIRE=1)	PUNTO FLASH °C (NOTA 11)	TEMP. IGNICION °C	LIMITES DE INFLAMABILIDAD % VOL. BAJO/ALTO		METODO DE EXTINCION (NOTA 9)	IDENTIFICACION SUGERIDA (NOTA 10)		
						S	F		R		
1.- ACIDO ACRILICO	72	1.1	2.5	54*		-	-	ESPUMA DE ALCOHOL	3	2	2
2.- ACRILONITRILLO	53	0.8	1.8	0*	481	3	17	ESPUMA DE ALCOHOL, EL AGUA PUEDE NO SER EFECTIVA.	4	3	2
3.- BUTADIENO	54	0.8	1.9	GAS	420	2	12	PARAR FLUJO DEL GAS	2	4	2
4.- METACRILATO DE BUTILO	142	0.9	4.9	52*	-	-	-	----	2	2	0
5.- CLOROPRENO	88	1.0	3.0	20	-	4	20	ESPUMA DE ALCOHOL, EL AGUA PUEDE NO SER EFECTIVA.	2	3	0
6.- CARBONATO DE DIETILO	118.5	1.0	4.1	25	-	-	-	EL AGUA PUEDE NO SER EFECTIVA	2	3	1
7.- FTALATO DE DIMETILO	194.2	1.2	6.7	146*	555	-	-	EL AGUA O LA ESPUMA PUEDEN CAUSAR ESPUMA	0	1	0

TABLA 3.2 CONT.

8.- ACRILATO DE ETILO	100.1	0.94	3.45	15.6*	-	1.8	-	EL AGUA PUE- DE NO SER EFECTIVA, ES- PUMA DE AL- COHOL	2	3	2
9.- ETILENO	28	0.57	0.975	136	543	2.7	36.0	PARAR EL FLUJO DEL GAS.	1	4	2
10.- ISOPRENO	68	0.68	2.4	-54	220	2.0	9.0	EL AGUA PUE- DE NO SER EFECTIVA	2	4	1
11.- ACIDO META-- CRILICO	88	1.02	-	77*	-	-	-	ESPUMA DE ALCOHOL	3	2	2
12.- METACRILONI TRILO	67	0.8	-	12	13	-	-	- - - -	4	4	2
13.- METACRILATO DE METILO	100	0.94	1.2	10*	421	1.7	8.2	EL AGUA PUE- DE NO SER EFECTIVA	2	3	2
14.- $\alpha$ -METIL-ES TIRENO	118	0.9	-	54	574	1.9	6.1	- - - -	1	2	1
15.- PROPILENO	42	0.51	1.5	GAS	497	2.0	11.1	PARAR EL FLUJO DEL GAS	1	4	1
16.- ESTIRENO	104	0.91	1.1	31	490	1.1	6.1	EL AGUA PUE- DE NO SER EFECTIVA	2	3	2

TALA TABLA 3.2. CONT.

17.- TETRAFLUORURO DE ETILENO	100	-	3.0	-	188	10	50	- - -	-	-	-
18.- ACETATO DE VINILO	86	0.93	1.5	-1.0	427	2.6	13.4	ESPUMA DE ALCOHOL	2	3	2
19.- CLORURO DE VINILO	62.5	0.91	2.2	-78	472	3.6	33	PARA EL FLUJO DEL GAS	2	4	1
20.- CLORURO DE VINILIDENO	97	1.21	3.4	15*	458	5.6	16.0	EL AGUA PUEDE NO SER EFECTIVA	2	4	2



3.3.- CARACTERISTICAS EXPLOSIVAS DE ALGUNOS TERMOPLASTICOS

MATERIAL	INDICE DE EXPLO-SIVIDAD	SENSI-BILIDAD DE IGNI-CION	SEVERI-DAD DE EXPLO-SION	PRESTON MAXIMA DE EXPLO-SION PASO.	VELOCI-TAD MA-XIMA DE AUMENTO DE PRE-SION PASO/seg	TEMPERA-TURA DE IGNICION		ENERGIA DE IGNI-CION DE NUBE MI-NIMA JOULES	CONCEN-TRACION MINIMA DE EXPLO-SION OZ/lit3	PORCENTAJE DE OXIGENO LIMITANTE POR CHISPA (NOTA 12)
						NUBE °C	CAPA °C			
<u>3.3.1. RESINAS ACRI-LICAS.</u> POLIMETIL-METACRI-LATO	6.3	7.0	0.9	84	2000	480	-	0.020	0.030	C11
COPOLIMERO DE ME-TIL-METACRILATO-ACRILATO DE ETILO-ESTIRENO	>10	9.2	1.7	90	4400	440	-	0.020	0.025	-
COPOLIMERO DE ME-TIL METACRILATO-ESTIRENO BUTADIE-NO-ACRILONITRILLO	>10	8.4	1.4	87	4700	480	-	0.020	0.025	C11
POLIMERO DEL ACI-DO METACRILICO	0.6	1.0	0.6	97	1800	450	290	0.100	0.045	-
POLIACRILONITRILLO	>10	8.1	2.3	89	11000	500	460	0.020	0.025	C13
COPOLIMERO DE A-CRILONITRILLO-CLO-RURO DE VINILO-CLORURO DE VINILI-DENO	>10	5.9	5.0	87	15000	650	210	0.015	0.035	-
<u>3.3.2. RESINAS DE POLICARBONATO</u>										

MATERIAL										
POLICARBONATO	8.6	4.5	1.9	96	4,700	710	-	0.025	0.025	C15
<u>3.3.3. RESINAS DE POLIETILENO</u> POLIETILENO, PRO- CESO DE ALTA PRE- SION	>10	7.5	1.4	81	4,000	450	380	0.050	0.020	C13
POLIETILENO, PRO- CESO DE BAJA PRESION	>10	22.4	2.3	80	7,500	450	-	0.070	0.020	-
<u>3.3.4. RESINAS DE ESTIRENO</u> POLIESTIRENO	>10	6.0	2.0	77	5,000	560	-	0.040	0.015	C14
COPOLIMERO DE ES- TIRENO-ACRILONI- TRILO	1.9	3.8	0.5	71	1,400	500	-	0.030	0.035	-
<u>3.3.5. RESINAS VI- NILICAS</u> POLI-ACETATO DE VINILO	0.2	0.6	1.2	69	1,000	550	-	0.160	0.040	C17
POLIVINIL BUTIRAL	>10	25.8	0.9	84	2,000	390	-	0.010	0.020	C14
POLICLORURO DE VINILO	0.1	0.1	<0.1	28	200 (NOTA 13)	660	400	(NOTA 14)	(NOTA 13)	-

### 3.4.- NOTAS DEL CAPITULO III

- (1) Usar goggles de adherencia en su manejo.
- (2) Usar ropa de hule (guantes, pantalones y cha - marra) en su manejo.
- (3) Usar equipo de aire autónomo en su manejo.
- (4) Conservar lejos de fuentes de ignición.
- (5) Almacenar en áreas bien ventiladas.
- (6) Usar aparato de respiración de propósito gene - ral.
- (7) Usar aparato de respiración de cartucho quími - co.
- (8) SIGNIFICADO DE INDICES DE TOXICIDAD:
  - $LD_{50}$  = Dosis letal, 50% de muertes.
  - $LC_{100}$ : Concentración letal, 100% de muertes.
  - $LCL_0$ : Concentración letal más baja publicada.
  - $LDL_0$ : Dosis letal más baja publicada.
  - $TCL_0$ : Concentración tóxica más baja publicada.
  - $TDL_0$ : Dosis tóxica más baja publicada.
  - TLV: Valor límite umbral. Concentración de un - compuesto a la cual se pueden exponer los trabajadores repetidamente (día a día) - sin efecto adverso.

(9) Método de extinción.- Esta columna está preparada considerando las propiedades físicas y químicas de la sustancia inflamable, ya que afectan la extinción de un fuego. Lo que se menciona en dicha columna, se refiere a.

EL AGUA PUEDE NO SER EFECTIVA.- El agua puede no ser efectiva al atacar fuegos en donde esté involucrado un material de punto "flash" bajo, en la columna, se mencionan estas palabras de precaución para materiales que tienen un punto "flash" abajo de  $38^{\circ}\text{C}$ . obviamente entre más bajo sea el punto "flash", menos efectiva será el agua. De cualquier forma, el agua se puede usar para combatir este tipo de fuegos cuando se aplica en forma de esparcido para absorber la mayor parte del calor desprendido y mantener frío el material y equipo que puede estar expuesto al fuego, aunque la experiencia indica que un fuego de este tipo no se podrá extinguir con agua hasta que se tengan unas condiciones muy favorables.

ESPUMA DE ALCOHOL.- La espuma de alcohol se recomienda (como se verá con más profundidad en el capítulo VII) para todos los líquidos inflamables que son solubles en agua, excepto aquellos que son ligeramente solubles. En este caso también se incluyen ciertos factores de juicio ya que para algunos líquidos la espuma ordinaria se puede usar en forma exitosa para combatir fuegos de líquidos ligeramente solubles en agua, particularmente si la espuma regular se aplica a flujos mayores de los recomendados normalmente.

PARAR EL FLUJO DEL GAS.- Más que extinguir el fuego, éste es el mejor procedimiento a seguir, cuando un gas se está escapando y quemando.- El extinguir la flama sin parar la fuga puede --

crear una atmósfera explosiva. El extinguir la flama con  $\text{CO}_2$  o polvo químico seco puede ser deseable si de esta forma se permite el acceso a las válvulas de suministro.

En muchos casos, es preferible permitir que continúe la flama manteniendo los alrededores fríos con esparcido de agua para prevenir la ignición de otros materiales combustibles.

(10) Identificación sugerida.- Este sistema de identificación que cada vez logra más adeptos a nivel internacional, se basa en la identificación de los peligros de un material en términos de tres categorías, que son: "salud", "flamabilidad" y "reactividad" e indican el orden de severidad en cada una de estas categorías por cinco divisiones que van de: cuatro (4) indicando un peligro severo hasta cero (0) que indica que no hay ningún peligro especial.

La columna de IDENTIFICACION SUGERIDA da los grados de severidad del peligro para cada categoría en los materiales con los que se cuenta con información disponible. Los espacios en blanco se dejaron así por no tener información adecuada.- También se deberá mencionar que los valores asignados están basados en condiciones normales de manejo y almacenamiento, pero dichos valores pueden cambiar por condiciones de proceso.

(11) Los valores del punto "flash" dados, están determinados por la prueba de "Copa cerrada" excepto en donde se muestra un asterisco, en este caso, la determinación se realizó por la prueba de "Copa abierta". Para mayor información sobre las -

pruebas ver ref. 2 cap. 3, en bibliografía.

(12) Los números en esta columna indican el porcentaje de oxígeno, mientras que la letra indica el gas diluyente. Por ejemplo el valor "C13" indica una dilución a 13% de oxígeno con bióxido de carbono como gas diluyente. Las letras indican: C= bióxido de carbono; N= nitrógeno; A; argón y H = Helio.

(13) No hubo ignición a 2 OZ.por ft<sup>3</sup>, -- la más alta probada.

(14) No hubo ignición a 8.32 Joules, la más alta probada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Toxic and Hazardous industrial chemicals Safety manual for handling and disposal with toxicity and hazardous data; International Technical Information Institute, (1976), Tokio, Japon.
- 2.- Fire Protection Handbook; Mc Kinnon, G.P 14 -  
th ed. National Fire Protection Association, -  
(1976), Boston, Mass
- 3.- Chemical Engineers Handbook, Perry, R.H. & C.  
H. Chilton, 5 th ed; Mc Graw Hill Co. (1973), -  
New York, N.Y.

CAPITULO IV. - ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMATICOS.



Un sistema de rociadores está compuesto de ramales de tuberías subterráneos y una red de tuberías elevadas especialmente dimensionada e hidráulicamente diseñada, soportada del techo del edificio a la cual están conectados los rociadores en patrones específicos. El sistema incluye una válvula controladora y un dispositivo que actúa una alarma cuando el sistema ha operado, y se activa por el calor generado por el fuego al fundir un fusible en el cuerpo del rociador, lo que permite el flujo de agua que descarga sobre el área del fuego.

#### 4.1.- TIPOS DE SISTEMAS DE ROCIADORES.

##### 4.1.1.- SISTEMA HUMEDO:

Es el sistema más común en la Industria, en el cual los rociadores automáticos están instalados en una red de tuberías llena de agua a presión que se descarga inmediatamente cuando el rociador es abierto por el calor de un fuego y continúa funcionando hasta que el suministro de agua se corta en la válvula controladora.

Este tipo se prefiere en zonas templadas donde no existe peligro de que el agua se congele en las tuberías.

##### 4.1.2.- SISTEMA SECO:

Este sistema al contrario del anterior se usa en edificios sin calefacción en zonas frías donde el agua en las tuberías se puede congelar; la tubería contiene aire o nitrógeno a presión que permite retener el agua con una válvula de tubo seco en una habitación con calefacción. Cuando un ro

ciador opera y libera el aire, la pérdida de la presión en la tubería automáticamente abre la válvula fluyendo el agua entonces hacia la red de tuberías. El agua continua descargando sobre el área protegida hasta que se corta manualmente el suministro.

#### 4.1.3.- SISTEMA DE DILUVIO.

Este sistema se emplea donde es necesario descargar agua a través de todos los rociadores simultáneamente para humedecer el área protegida. Sus principales aplicaciones son en tanques de almacenamiento, reactores de polimerización, áreas de almacenamiento de catalizadores, secadores y en general áreas de peligrosidad especial en las que se requiere la aplicación de grandes cantidades de agua instantáneamente. Aquí se usan rociadores con boquilla abierta, como las que se muestran al final del Capítulo VII, donde las tuberías permanecen secas y el agua de suministro se retiene a través de una válvula automática de diluvio, la cual abre cuando funciona un dispositivo detector de fuego (sensible al calor) instalado a lo largo de toda el área protegida.

#### 4.1.4.- SISTEMA DE PREACCION.

Este sistema utiliza rociadores cerrados en arreglos similares a los sistemas húmedo o seco. En este caso un dispositivo sensible al calor, instalado a lo largo de toda el área protegida, opera una válvula automática de control que permite la entrada de agua a la red de tuberías, quedando entonces el sistema listo para descargar a través de los rociadores cuando sus fusibles operen. Un sistema de preacción es similar al sistema seco y se usa cuando se requiere una alarma de conoci-

miento antes de que operen los rociadores, cuando es particularmente importante evitar una descarga accidental de agua

#### 4.1.5.- ROCIADORES DE VENTANA:

Se usan para proteger ventanas, puertas y paredes combustibles contra la explosión al fuego. Los rociadores de ventana se instalan en un sistema de tubería conectado a una válvula, generalmente de control manual. Cuando la válvula se abre el agua fluye al sistema y descarga por todos los rociadores simultáneamente.

#### 4.2.- SISTEMAS DE ROCIADORES DISEÑADOS HIDRAULICAMENTE

Un sistema de rociadores diseñado hidráulicamente es aquel en el cual los diámetros de las tuberías se seleccionan en base a una pérdida por fricción para proporcionar una densidad de rociado establecida ( $\text{gpm/ft}^2$ ), distribuida con un razonable grado de uniformidad sobre el área a proteger. Esto permite la selección del diámetro de tubería de acuerdo con las características del suministro de agua disponible. La densidad de rociado estipulado y la superficie de aplicación variarán con el riesgo del área. Por lo tanto para el diseño de un sistema de rociadores se requerirá establecer los siguientes pasos:

NOTA: Se ha decidido que las unidades a usarse en este capítulo sean en el sistema Ingles dado lo generalizado que se encuentra tanto en la bibliografía como en los calculos hidráulicos.

- a) Area a protegerse por aplicación de -  
agua.
- b) Clasificación del riesgo del área.
- c) Densidad de rociado de acuerdo a la -  
clasificación.
- d) Superficie a cubrir por rociador.
- e) Número de rociadores a emplearse.
- f) Distribución de rociadores.
- g) Selección del tipo de rociadores.
- h) Cálculo hidráulico.
- i) Margen de flujo para mangueras e hi -  
drantes.

Además, deberá determinarse la siguiente información acerca del suministro de agua al Siste  
ma de rociadores.

- a) Descripción del suministro de agua -  
existente o propuesta.
- b) Capacidad del suministro que incluye:
  - Flujo disponible
  - Presión estática
  - Presión residual
  - Fuentes alternas de suminis  
tro.

A continuación se presenta la informa -  
ción básica necesaria para determinar cada paso en  
el diseño de un sistema de rociadores automáticos-  
en base a las necesidades de proceso y peligrosi -  
dad existentes en una fábrica de termoplásticos.

#### 4.3.- CLASIFICACION DE RIESGOS.

La clasificación de riesgos en este tra-  
bajo se relaciona con las instalaciones de rociado  
res y su suministro de agua, la cual no tiene como

propósito ser una clasificación general de riesgos.

#### 4.3.1.- AREAS DE RIESGO LIGERO.

Son aquellas áreas, o partes de otras áreas, donde la cantidad y/o la combustibilidad de los materiales presentes es baja y los fuegos que pudieran presentarse son tales que tienen una velocidad de eliminación de calor relativamente baja.

#### 4.3.2.- AREAS DE RIESGO ORDINARIO.

Riesgo Ordinario Grupo I.- Son áreas, o porciones de otras áreas, donde la combustibilidad es baja, la cantidad de materiales combustibles es moderada, el almacenamiento de estos materiales no excede una altura de 8 pies (2.5 mt) y los fuegos potenciales tienen moderada liberación de calor.

Normalmente las áreas clasificadas bajo esta división son áreas de oficinas y pasillos alejados a las áreas productivas.

Riesgo ordinario Grupo II.- Son áreas, o porciones de otras áreas, donde la cantidad y la combustibilidad de las existencias es moderada, las tarimas de material combustible no exceden una altura de 12 pies (3.6 mt) y los fuegos potenciales tienen una velocidad de liberación moderada.

Riesgo Ordinario Grupo III.- Son áreas, o porciones de otras áreas, donde la cantidad y/o la combustibilidad de los materiales combustibles es elevada y los fuegos potenciales tienen una velocidad de liberación de calor alta.

Las áreas de almacenamiento de materias-

primas no inflamables, producto terminado y las secciones de las áreas productivas donde se preparan los aditivos están contenidos dentro de esta clasificación.

#### 4.3.3.- AREAS DE RIESGO EXTRAORDINARIO.

Son aquellas donde la cantidad y la combustibilidad de los materiales es muy alta, están presentes líquidos y polvos inflamables, monómeros u otros materiales que introducen la posibilidad de un rápido desarrollo de fuegos con altas velocidades de eliminación de calor, en una fábrica de termoplásticos todas las áreas de proceso, de manejo y almacenamiento de monómeros y áreas de almacenamiento de catalizadores están clasificadas como áreas de riesgo extraordinario.

#### 4.4.- AREA A PROTEGERSE POR APLICACION DE AGUA

El área máxima en una localidad a ser protegida por un sistema de rociadores no deberá exceder de las siguientes cantidades:

a) Para riesgos ligeros	52,000 ft <sup>2</sup>	(4,800 m <sup>2</sup> )
b) Para riesgos ord. I y II	1152,000 ft <sup>2</sup>	(4,800 m <sup>2</sup> )
c) Para riesgos ord. III	40,000 ft <sup>2</sup>	(3,700 m <sup>2</sup> )
d) Para riesgos extraord.	25,000 ft <sup>2</sup>	(2,300 m <sup>2</sup> )

La superficie a cubrir por el sistema se determina en base a las dimensiones del local. Dentro de las áreas de proceso, los reactores de polimerización, secadores o colectores de polvo con materiales explosivos deberán cubrirse por separado del resto del área. En los tanques de almacenamiento de monómeros o reactores, el área a cubrir por el sistema se calculará en base al cuerpo cilíndrico y ambas tapas de recipientes.

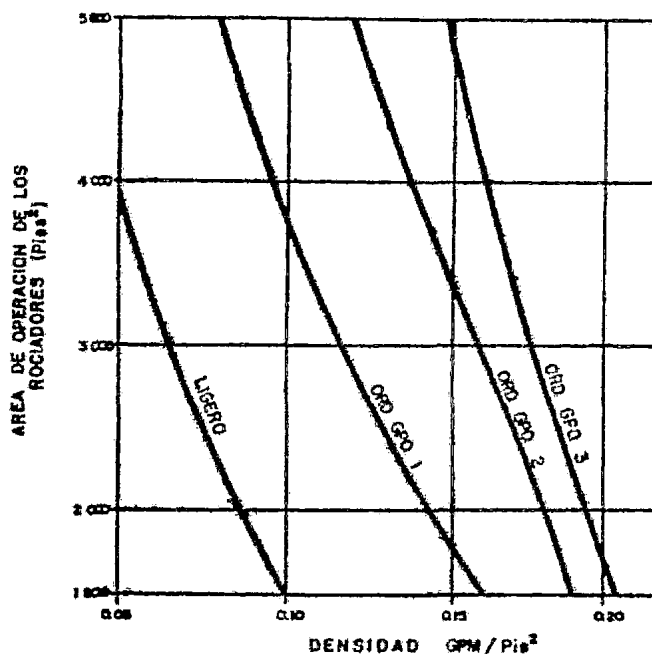


FIG. 4.1 DENSIDAD, AREA DE OPERACION DE ROCIADORES Y REQUERIMIENTOS DE SUMINISTRO DE AGUA.

**NOTAS:**

- Para sistemas secos habrá de incrementarse el área de operación en 30%.
- En locales de construcción combustible con sistemas húmedos o secos el área máxima de aplicación será 3000 pie cuadrado.
- Para la clasificación de riesgo extraordinario se deberá consultar autoridades competentes Ref. 5, 6 y 7; en el punto 4.5 se da una guía para plantas de termoplásticos.
- Los cálculos deben ser para locales de construcciones cerradas de acuerdo a las áreas consideradas.

#### 4.5.- DENSIDAD DE ROCIADO.

La densidad de rociado (galones por minuto por pie cuadrado) depende principalmente de la clasificación del área, por lo que la densidad estipulada de diseño y el área de aplicación variarán con la peligrosidad de dicha área.

La figura 4.1 se usa para determinar la densidad de acuerdo al área de operación de los rociadores para sistemas diseñados hidráulicamente. Los sistemas deberán ser calculados para cumplir con un sólo punto de la curva específica de la clasificación y las dimensiones de las tuberías deberán estar basadas en este punto de diseño.

Cuando el área de aplicación de los rociadores en una localidad es mayor de  $4000 \text{ ft}^2$  - - ( $370 \text{ m}^2$ ) considere la densidad para ésta.

Para clasificaciones de riesgo extraordinario se deberá consultar con las autoridades correspondientes para determinar la densidad de rociado apropiada. En la industria de los termoplásticos en el área de procesos donde el riesgo es extraordinario se recomienda usar una densidad de 0.33 galones por minuto por pie cuadrado. En la protección de recipientes a presión como reactores de polimerización y tanques de almacenamiento de monómeros, por sistema de diluvio o preacción se recomienda 0.35 gpm/pie cuadrado. En secadores, si los de almacenamiento y colectores de polvo donde se manejan polvos explosivos la densidad de rociado deberá ser de 0.50 galones por minuto por pie cuadrado.



#### 4.6.- SUPERFICIE A CUBRIR POR ROCIADOR.

La superficie máxima a cubrir por rociador está determinada por el riesgo de las áreas y por el tipo de construcción del local. En la industria de la fabricación de termoplásticos donde las construcciones para proceso se hacen de concreto o estructuras con vigas de acero y rejilla "Irving", la superficie máxima a cubrir por rociador se puede considerar como sigue:

Areas de riesgo ligero: El área de protección por rociador no deberá exceder de  $108 \text{ ft}^2$  ( $15.0 \text{ m}^2$ ) para sistemas hidráulicamente diseñados.

Areas de riesgo ordinario: Para todos los tipos de construcción el área de protección por rociador no excederá de  $130 \text{ ft}^2$  ( $12 \text{ m}^2$ ), excepto en áreas de almacenamiento donde se estibe material a más de 12 pies (3.0 m), en estos casos la protección no excederá de  $100 \text{ ft}^2$  ( $9.3 \text{ m}^2$ ). Areas de riesgo extraordinario: El área de protección por rociador no excederá de  $90 \text{ ft}^2$  ( $8.4 \text{ m}^2$ ) en todo tipo de sistemas.

#### 4.7.- NUMERO DE ROCIADORES A USARSE EN EL SISTEMA.

El número mínimo de rociadores requerido por un sistema se calcula dividiendo el área a protegerse entre el área máxima permisible por rociador.

Este cociente, será el mínimo indispensable de rociadores, pero de acuerdo a las normas establecidas para el espaciamento de los ramales y los rociadores entre sí, se podrá aumentar el número de rociadores para una mejor distribución de los mismos.

#### 4.8.- DISTRIBUCION DE ROCIADORES.

Una buena localización de rociadores deberá estar basada en tres principios fundamentales:

- 1.- El área máxima de protección por rociador y la distancia máxima permisible entre rociadores.
- 2.- Una obstrucción mínima al patrón de descarga de los rociadores.
- 3.- Una correcta instalación de los rociadores con respecto a los techos del local a proteger.

En general, un arreglo en forma cuadrada simétrica de los rociadores es más conveniente que un arreglo rectangular, además de simplificar los cálculos hidráulicos.

#### 4.9.- DISTANCIA DE LOS ROCIADORES Y DE LAS LINEAS-DE ROCIADORES ENTRE SI.

Para áreas de riesgo ligero, la distancia entre rociadores y de las líneas de tubería con rociadores (ramales) no excederá de 15 pies (4.6 m). Para áreas de riesgo ordinario el máximo de distancia entre los ramales o los rociadores en las líneas de 15 pies (4.6 m), excepto en las bodegas donde se estiben materiales con altura superior a los 15 pies (4.6 m), la distancia entre rociadores en los ramales y los ramales entre sí no deberá exceder de 12 pies (3.6 m).

Para áreas de riesgo extraordinario, la distancia entre las tuberías y entre rociadores en las líneas no será mayor de 12 pies (3.6 m).

La distancia del rociador en el extremo de un ramal, con respecto a la pared no excederá de la mitad de la distancia permisible entre ramales.

#### 4.10.- LOCALIZACION DE ROCIADORES Y LINEAS CON RESPECTO A LOS MIEMBROS ESTRUCTURALES.

Los rociadores deberán estar de tal manera localizados que habrá un mínimo de interferencias con miembros estructurales tal como: columnas, vigas, traveses, viguetas estructurales, etc.

ARMAZONES.- Los rociadores deberán estar localizados lateralmente cuando menos 2 pies de las vigas con más de 4 pulgadas de ancho y cuando menos un pie para miembros de menos de 4 pulgadas. Cuando las líneas de rociadores pasen sobre o a través de los armazones de acero, los rociadores se pueden colocar en la línea del centro de la estructura estando el deflector del rociador cuando menos a 6 pulgadas sobre el miembro. Cuando los rociadores están localizados lateralmente junto a los miembros en cordón el espacio entre estos y el deflector del rociador deberá estar de acuerdo con la tabla 4.1.

TRABE.- Cuando las líneas de rociadores estén localizadas perpendicularmente y encima de las traveses, los rociadores deberán estar cuando menos a 3 pies 9 pulgadas de ellas, excepto cuando los rociadores puedan estar localizados directamente sobre la travesa con el ala superior no más de 8 pulgadas de ancho, en cuyo caso los deflectores deberán estar cuando menos 6 pulgadas sobre el tope de la travesa. Cuando los deflectores de los rociadores se colocan de acuerdo con la tabla 4.1 las traveses se pueden descartar en la colocación de las líneas de rociadores.

ESTRUCTURA.- Los rociadores deberán estar localizados cuando menos 3 pulgadas lateralmen

te del alma de los miembros estructurales que no excedan media pulgada o cuando menos lateralmente 6 pulgadas de los que no excedan una pulgada. Cuando las dimensiones de las viguetas exceden una pulgada se deberá cumplir con las restricciones para armazones.

VIGUETAS DE CONCRETO.- Los deflectores de los rociadores en las naves deberán estar a una distancia suficiente de las viguetas (como se muestra en la tabla (4.1), para evitar obstrucciones al patrón de descarga del rociador. De otro modo el espacio de los rociadores con respecto a las caras de las viguetas se deberá medir a partir de ella y la distancia entre sí no deberá exceder la mitad de la distancia permitida entre rociadores.

Se deberá mantener un espacio mínimo de 18 pulgadas entre el deflector del rociador y la parte superior de cualesquier objeto que se encuentre bajo el rociador.

#### 4.11.- INSTALACION DE LOS ROCIADORES CON RESPECTO AL TECHO.

Los deflectores de los rociadores deberán estar paralelos a los techos, cielos o a la inclinación de las escaleras; cuando se trate del pico de un techo inclinado deberá estar horizontal.- En techos poco inclinados cuya pendiente sea menor de una pulgada por pie, los deflectores podrán colocarse en forma horizontal. Para las construcciones no combustibles que normalmente se emplean en el área de proceso de la fabricación de termoplásticos, los deflectores de los rociadores bajo techos lisos no deberán estar a más de 12 pulgadas del techo; en techos de vigas metálicas no deberán exceder de 10. Cuando el deflector se encuentre bajo una viga, no deberá estar a más de 4 pulgadas bajo la viga.

\* En todos los casos la distancia mínima-

permitida es de una pulgada, del techo o base de la viga al deflector.

#### 4.12.- SELECCION DEL TIPO DE ROCIADOR.

Existen varios tipos aprobados de rociadores automáticos erguidos, colgantes, esprea lateral, colgante seco. Las partes esenciales de un rociador se muestran en la fig. 4.2 y son: Un dispositivo de abertura (fusible) un orificio o boquilla y un deflector. Los tamaños más comerciales de rociadores son los de un diámetro nominal de orificio de  $1/2$ ,  $17/32$  o  $3/8$  de pulgada. El rociador de media pulgada es el más común. El de  $17/32$  descarga 40% más de agua que el rociador nominal estándar ( $1/2$ ) y se usa en lugares donde a una misma presión se requiere mayor aplicación de agua. Los rociadores de orificio pequeño de ( $1/4$  a  $7/16$  de pulgada), normalmente se usan para efectos de balances de presión en sistemas calculados o en áreas donde se requiere muy poca cantidad de agua; de estos rociadores el más común es el de  $3/8$ .

En la fig. 4.3. se presenta una gráfica de presión contra descarga en galones por minuto de los rociadores estándar ( $1/2$ ).

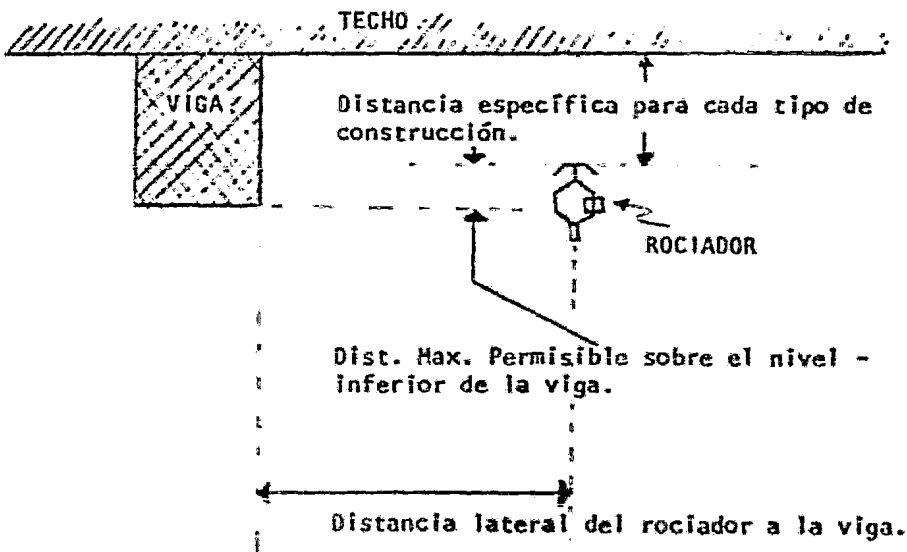
Los rociadores para las distintas aplicaciones se seleccionan en base al tipo requerido por el sistema, el tamaño necesario para proporcionar la densidad de rociado específica y el rango de temperatura en el que deberá operar, de acuerdo a la temperatura ambiente del local en el que se instalará el sistema.

Los rociadores estándares se diseñan para instalarse en dos posiciones: erguidos y colgantes, por lo que deberán instalarse en la posi -

T A B L A 4. 1

POSICIONES DEL DEFLECTOR CUANDO SE COLOCA ARRIBA DEL NIVEL INFERIOR DE UNA VIGA.

DISTANCIA LATERAL DEL ROCIADOR A LA VIGA.	DISTANCIA MAXIMA PERMITIDA AL ROCIADOR PARA ESTAR ARRIBA DEL NIVEL INFERIOR DE LA VIGA.
MENOS DE 12 IN.	0 IN.
DE 12 IN A MENOS DE 24 IN.	1 IN.
DE 24 IN A MENOS DE 30 IN.	2 IN.
DE 30 IN A MENOS DE 36 IN.	3 IN.
DE 36 IN A MENOS DE 42 IN.	4 IN.
DE 42 IN A MENOS DE 48 IN.	6 IN.
DE 48 IN A MENOS DE 54 IN.	7 IN.
DE 54 IN A MENOS DE 60 IN.	9 IN.
DE 60 IN A MENOS DE 66 IN.	11 IN.
DE 66 IN A MENOS DE 72 IN.	14 IN.



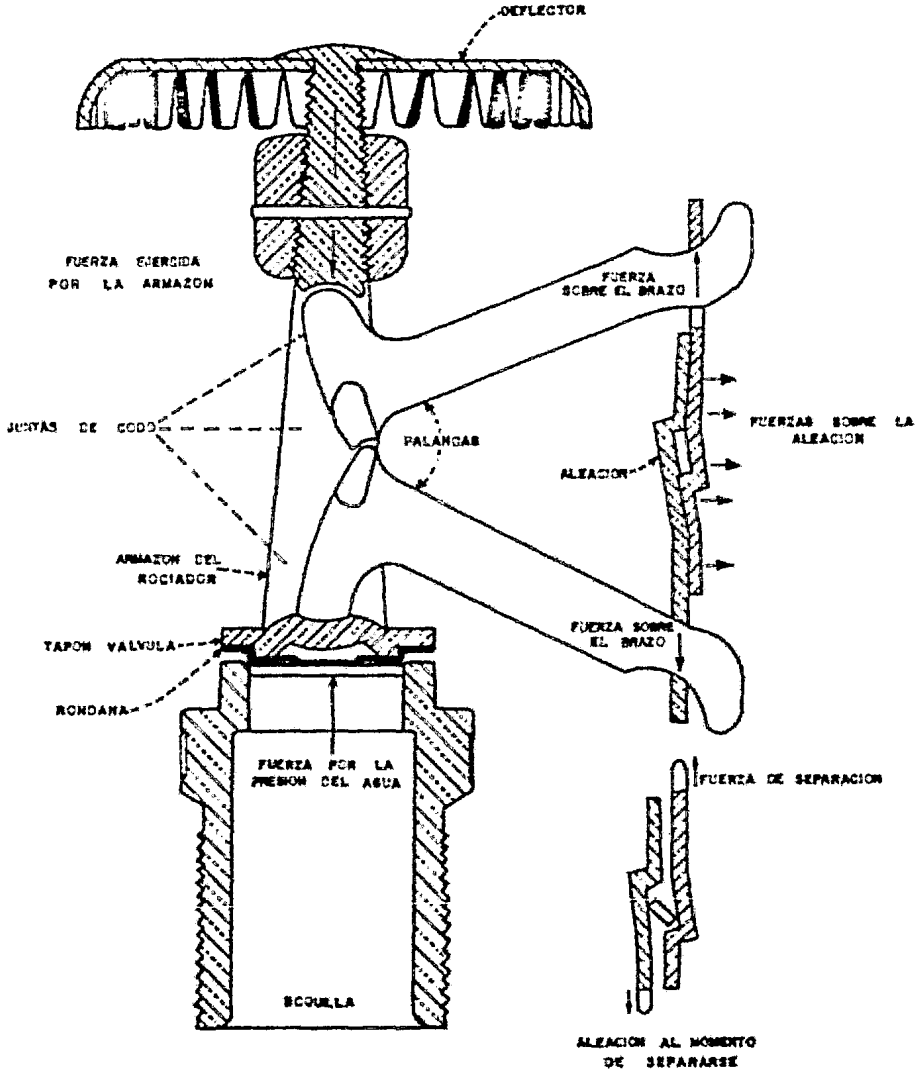


FIG. 4.2 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LAS PARTES OPERANTES EN UN ROCIADOR AUTOMATICO.

ción en que fueron diseñados

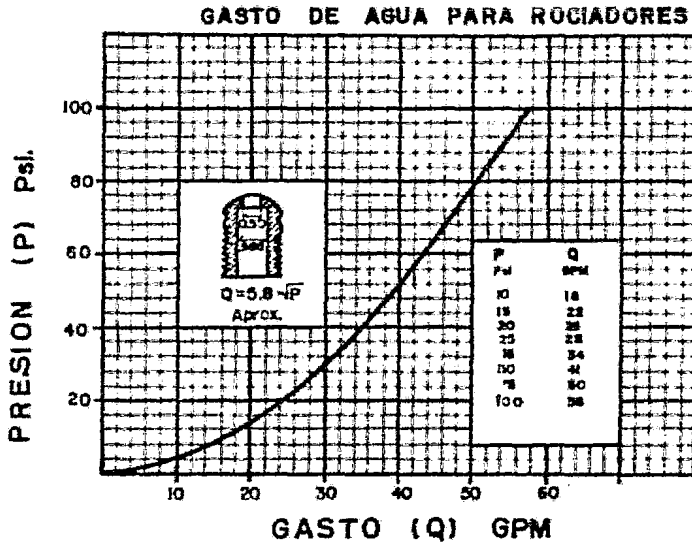
La selección de los rangos adecuados -- de temperatura para rociadores automáticos se puede hacer de la tabla 4.2, bajo las siguientes bases:

- 1) Determinar cual es la temperatura existente al nivel de los rociadores bajo condiciones normales.
- 2) Anticipando la velocidad de liberación de calor, que un fuego producirá de acuerdo a la peligrosidad del local.

En la tabla 4.3. se presenta una clasificación de los rociadores en base al rango de operación y la codificación en colores con que se deberán instalar.

Los rociadores automáticos se tardan un minuto o dos antes de abrir sobre un fuego de velocidad moderada, y pueden llevarse más tiempo cuando un fuego se desarrolla lentamente. El punto está en que son diseñados para operar con suficiente rapidez, para controlar el fuego y prevenir que se difunda; permitiendo a la vez tiempo suficiente para que se aplique un sistema manual de extinción





**FIG 4.3 VELOCIDAD DE DESCARGA PARA UN ROCIADOR ESTANDAR.**

en la etapa incipiente del fuego.

La velocidad de operación depende de -- la capacidad de absorción de calor por las partes metálicas del rociador. El tiempo que se toma en operar depende, entre otros factores, en el diferencial de temperatura entre la atmósfera que lo rodea y la temperatura de operación del rociador. -- Donde los fuegos se desarrollan rápidamente, el tiempo que se tarda en abrir un rociador es substancialmente menor que para ambientes donde los fuegos se desarrollaran lentamente.

#### 4.13.- CALCULO HIDRAULICO DE UN SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS.

La necesidad de un cálculo hidráulico detallado, para un sistema de rociadores automáticos en la industria de los termoplásticos, se presenta frecuentemente debido a la peligrosidad de las áreas que deben ser protegidas.

En general los cálculos hidráulicos se desarrollan para sistemas de diluvio, para localidades con riesgo ordinario grupo III o riesgo extraordinario y donde se requiere comprobar que la capacidad del suministro de agua disponible es suficiente para abastecer el sistema.

TABLA 4.2

SELECCION DE RANGOS PARA ROCIADORES

Velocidad de liberación de Calor por el fuego.	Temperatura máxima, °F, al nivel del rociador bajo condiciones normales.					
	100	150	225	300	365	465
Baja velocidad de liberación del fuego. (oficinas, escuelas, hospitales).	135, 160 165	175, 212	250, 280 286	325, 350, 360	400	500
Moderada velocidad de liberación de Calor. (áreas industriales ordinarias).	175, 212	175, 212	250, 280, 286	325, 350, 360	400	500
Alta velocidad de liberación de Calor. (líq. inflamables, espumas - de plástico, almacenamiento en tarimas altas de mat. combustible y áreas extraordinarias o similares).	250, 280 286	250, 280 286	250, 280, 286	325, 350, 360	900	500

TABLA 4.3

CLASIFICACION Y CODIFICACION DE ROCIADORES POR RANGO DE TEMPERATURA Y COLOR.

RANGO	TEMPERATURA DE OPERACION (A LA QUE ABRE) °F	COLOR (CODIGO)	TEMPERATURA MAXIMA AL NIVEL °F
ORDINARIO	135°- 150°- 160°- 165°	SIN COLOR	100°
INTERMEDIO	175°- 212°	BLANCO	150°
ALTO	250°- 280°- 286°	AZUL	225°
EXTRA ALTO	325°- 340°- 350°- 360°	ROJO	300°
EXTREMADAMENTE ALTO	400°- 415°	VERDE	375°
EXTREMADAMENTE ALTO	450°	NARANJA	425°
EXTREMADAMENTE ALTO	500°	NARANJA	475°

Una vez que se ha determinado un arreglo óptimo de los rociadores de acuerdo a los reglamentos de la NFPA, se debe preparar un esquema del arreglo para utilizarlo como referencia en los cálculos del sistema. En este esquema deberá mostrarse los rociadores numerados, accesorios tales como codos, puntos de unión de ramales numerada, etc. Se recomienda en caso de ser varios pisos o niveles independientes en un sistema, preparar esquemas separados y comenzar el cálculo con el rociador más remoto del piso o nivel más alto.

Los cálculos del flujo de agua requieren de la aplicación de los principios comunes de la hidráulica correspondientes a la descarga de orificios circulares y el flujo de agua en tuberías.

La relación entre presión y descarga de un rociador está dada por la fórmula  $Q = k \sqrt{P}$  donde  $Q$  es el gasto a la descarga en Gpm,  $P$  es la presión en Psi y  $k$  es una constante. El valor promedio de  $k$  para los rociadores aceptados es de 5.7 y la  $P$  de un rociador es la presión velocidad o la real Pitot.

En este método, el flujo total a través de una línea de ramal o de cualquier otro grupo de rociadores se puede manejar como si este proviniera de un sólo orificio circular.

Para calcular la presión y la descarga de un sistema de rociadores, es necesario considerar (1) las pérdidas por fricción, (2) la presión de la tubería (manométrica) y (3) la presión velocidad. Cuando los rociadores están operando, la presión velocidad en las tuberías entre las boquillas o los ramales, cambiará de acuerdo a los cambios en el diámetro de tuberías o la velocidad del

flujo. La presión velocidad es la velocidad convertida en pies a  $\text{lb/in}^2$ .

A pesar de que técnicamente este método aplica sólo cuando los rociadores están exactamente a la misma elevación, se ha encontrado que es satisfactorio para las diferencias normales de elevación dentro de un sistema de rociadores.

#### 4.13.1.- RAMAL DE ROCIADORES. (Fig. 4.4)

La presión y descarga de una línea ramal con algunos o todos sus rociadores operando, se calcula suponiendo una presión en el último rociador y calculando el gasto y presión de regreso al punto de suministro. Se consideran dos tipos de presión para cada rociador: Presión total ( $P_t$ ) que incluye a la presión velocidad ( $P_v$ ) y la presión en la tubería; y presión neta ( $P_n$ ), la cual es la presión en la fórmula  $Q = k \sqrt{P}$  usada para determinar la descarga en cada rociador. La caída de presión debida a los accesorios en los ramales no es necesario calcularlos, excepto el codo o "T" al final de la línea.

#### ROCIADOR EXTREMO. (Punto 1 fig. 4.4)

En este punto toda el agua se descarga, por lo cual la  $P$  total y la  $P$  neta son la misma. Así pues con la densidad de rociado y el área máxima a cubrir por rociador se obtiene el gasto mínimo que deberá tener este rociador; con la figura 4.3, para rociadores con orificio estándar de  $1/2''$  se puede determinar la Presión mínima que deberá existir en este punto. Para orificios diferentes a  $1/2''$  la tabla 4.4 presenta los valores de  $k$  con-



los que se puede determinar la presión correspondiente.

#### SEGUNDO ROCIADOR. (Punto 2 fig. 4.4.)

La  $P_t$  en el segundo rociador (desde el extremo) es igual a la  $P$  en el último rociador más la caída de presión en el último codo o "T" más la  $\Delta P$  en la tubería entre los dos rociadores.

$$P_t = H_f + P_i$$

La presión neta en el segundo rociador--se encuentra por prueba y error. Se supone una descarga en el segundo rociador y se suma a la descarga del último rociador. Utilizando este nuevo total, calcular la Presión velocidad ( $P_v$ ) en la tubería Fig. 4.5 entre el segundo y tercer rociador y se resta a la Presión total en el segundo rociador, para obtener la Presión neta supuesta. Con este valor calcular  $Q = k \sqrt{P}$ , si el gasto correspondiente no checa con la descarga supuesta; suponer un nuevo valor del gasto a la descarga y repetir el cálculo hasta lograr la igualdad.

#### ROCIADOR TERCERO Y SUBSECUENTES.

Siga los pasos delineados para el segundo rociador.

#### 4.13.2. PRESION EN EL PUNTO DE SUMINISTRO DE LA PRIMERA LINEA RAMAL. (Punto 5).

Para obtener la presión total en el punto de suministro de una línea de ramal, sume lo siguiente:

1).- La presión total en la boquilla más cercana al punto de suministro.



TABLA 4.4  
=====

VALORES DE CONSTANTE "K" PARA ROCIADORES

ORIFICIO NOMINAL ( IN )	FACTOR "K"	PORCENTAJE DE DES CARGA EN BASE A - ORIFICIO 1/2 IN.
1/4	1.3 - 1.5	25
5/16	1.8 - 2.0	33.3
3/8	2.6 - 2.9	50
7/16	4.0 - 4.4	75
1/2	5.3 - 5.8	100
17/32	7.4 - 8.2	140

EL FACTOR "K" ES LA CONSTANTE DE LA FORMULA  $Q = K \sqrt{P}$

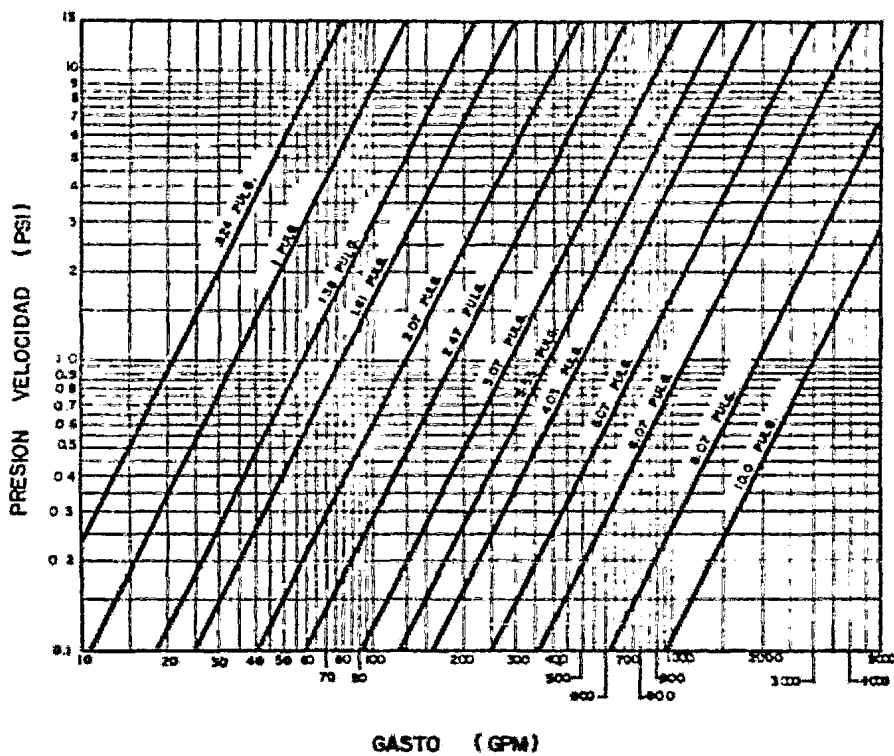


FIG. 4.5 GRAFICA PARA LA DETERMINACION DE LA PRESION VELOCIDAD EN UN SISTEMA DE ROCIADORES.

NOTA: Únicamente se da el diámetro interior.

2).- La pérdida por fricción en la tubería entre la boquilla más cercana y el punto de su ministro.

3).- La pérdida por fricción en el codo que conecta al niple del ramal con el Punto de Suministro (la cual se obtiene de la tabla (4.5).

4).- La presión en el niple si este es mayor de 6" en longitud.

Si el primer punto suministra dos ramales, el accesorio de arriba será una "T" en lugar de un codo y los diámetros del niple y los ramales pueden ser todos diferentes.

Si dos ramales en una línea están operando, la descarga y presión del "Punto de Suministro" se calculan como se muestra más adelante en el ejemplo. Debido a que la presión en el punto de unión debe ser el mismo para cada ramal, es necesario (con objeto de mantener la presión supuesta en rociador al extremo de la línea más larga), convertir  $Q_1$  del ramal con la presión en el "Punto de Suministro" menor, por el gasto  $Q_2$  que se obtendría a la Presión más alta.

Un nuevo coeficiente  $K$ , basado en el gasto combinado ( $Q'$ ) para ambos ramales, se calcula para toda la línea.

#### 4.13.3.- VARIOS RAMALES TRABAJANDO.

Cuando más de una línea está operando, se supone que cada línea es reemplazada por un sólo orificio teniendo la  $k$  que ha sido calculada (siguiendo el procedimiento descrito arriba para una sola línea).

TABLA 4.5

TABLA DE LONGITUDES EQUIVALENTES DE TUBERIA

VALVULAS Y ACCESORIOS	VALVULAS Y ACCESORIOS EXPRESADOS EN LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA ( PIES )												
	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
CODOS DE 45°	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
CODOS ESTANDAR DE 90°	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
CODOS DE RADIO AMPLIO 90°	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
TE O CRUZ (FLUJO GIRADO 90°)	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
VALVULAS DE MARIPOSA	-	-	-	6	7	10	-	12	9	10	12	19	21
VALVULA DE COMPUERTA	-	-	-	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6
VALVULA "CHECK" (SWING)	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65

Usese con el factor de Hazen y Williams  $C = 120$  Únicamente. Para otros valores de  $C$ , los valores de la Tabla 4.5 se deberán multiplicar por los factores indicados a continuación.

Valor de $C$	100	120	130	140
Factor	0.714	1.00	1.16	1.32

Con la descarga total y la Presión total en el punto del suministro surtiendo todos los rociadores conocidos operando, únicamente es necesario sumar la pérdida de fricción en la tubería y - accesorios a través de los puntos hasta la válvula u otra parte del sistema de suministro.

Únicamente aquellos accesorios donde la totalidad del flujo cambia de dirección deberán - ser incluidos. La caída de presión en los acceso - rios puede ser estimada de la Tabla 4.5.

#### 4.13.4.- EJEMPLO DE CALCULO DE UN SISTEMA.

Como se establece en el punto 4.2 los pa - sos para el cálculo de un sistema de rociadores au - tomáticos deberá cumplir con las normas y reglame - ntaciones que en forma general se mencionan en este capítulo.

Nuestro ejemplo consiste en calcular hi - dráulicamente un sistema de rociadores automáticos, para el área de proceso de una Planta para fabrica - ción de Termoplásticos, en el cual para facilidad - de explicación se simplificaran los cálculos utili - zando un sistema simétrico. Se deberá tener en - cuenta que no siempre es posible obtener esta sime - tría lo cual hace necesario una mayor entidad de - cálculo.

#### PROCEDIMIENTO DE CALCULO.

- 1.- Área por cubrir;  $22.0 \text{ m} \times 22.0 \text{ m} = 484 \text{ m}^2$  (5208  $\text{ft}^2$ ).
- 2.- Clasificación del Riesgo del Área -- Riesgo Extraordinario.
- 3.- Densidad de Rociado: Se recomienda -

una densidad de rociado de  $0.33 \text{ gpm/ft}^2$  para una área de proceso.

- 4.- Superficie a cubrir por rociador:  $90 \text{ ft}^2$  mínimo.
- 5.- Número de Rociadores a emplearse:  
 $N = 5208.0 \text{ ft}^2 / 90 (\text{ft}^2/\text{roc}) = 58$  rociadores mínimo.
- 6.- Distribución de Rociadores:

Para riesgo extraordinario la distancia máxima entre rociadores y ramas es 12 pies.

Considerando que el área es cuadrada y buscando para facilitar el cálculo la mayor simetría posible, un arreglo de ocho rociadores por ramal con alimentación central y ocho filas de rociadores, nos dará un número de Rociadores, Total de 64 Rociadores.

- 7.- Selección del tipo de Rociadores:

Para la aplicación que nos ocupa se requiere un rociador tipo estándar, erguido con orificio de media pulgada, con acción de fusible.

De acuerdo a las tablas 4.2 y 4.3, la temperatura de operación del rociador será  $250^\circ\text{F}$ , considerando que la temperatura máxima permisible en el local será  $225^\circ\text{F}$ , misma que permitirá apagar fuegos incipientes sin dañar el equipo por un rociado prematuro.

## 8.- Cálculo Hidráulico.

Nomenclatura: C = Coeficiente Hazen Williams.

Q = Gasto en gpm.

k = Constante (5.7 para rociadores de 1/2).

Pf= Pérdidas por fricción; obtenidas de figura 4.6 (pf = (HF/100)Leq.tot.

Pn= Presión neta o manométrica.

Pt= Presión total

Pv= Presión velocidad

Pe= Presión elevación

Los cálculos para el sistema deben comenzar siempre con el rociador extremo ① de la fila "a" como en la fig. 4.4 y reportarse en forma tabular de acuerdo a los estándares de la NFPA (Tabla 4.6).

El flujo en el rociador extremo deberá ser el requerido para proporcionar la densidad de rociado como mínimo:

$$0.33 \text{ gpm/ft}^2 \times 90 \text{ ft}^2 = 29.7 \text{ gpm.}$$

Con la fig. 4.3 se obtendrá la presión que el tanque elevado u otro suministro deberá proporcionar en ese punto (28 psi).

El diámetro de las líneas entre rociadores y ramales deberá cumplir con las siguientes restricciones para riesgos extraordinarios:

a) Los ramales no excederán de seis rociadores en cualquiera de sus lados.

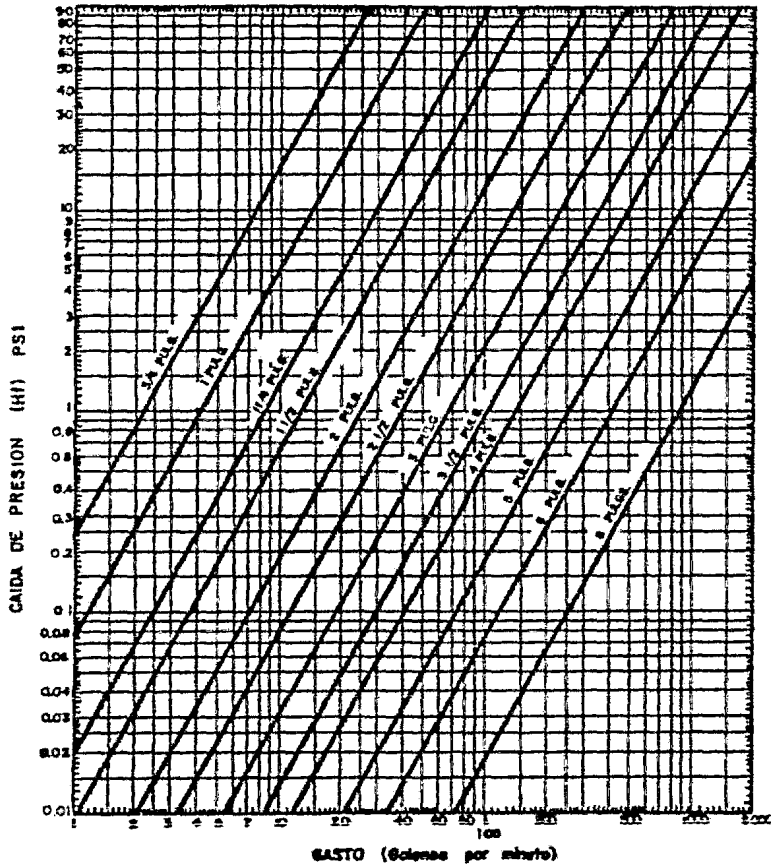


FIG. 4.6 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERIAS, POR 100 PIES, BASADO EN LA FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS CON  $C=100$ .



b) Para tubería de cédula 40 el número - de rociadores que se suministre (en forma acumulable) no podrá exceder para los diámetros listados a continuación.

Diámetro Mínimo en Pulgadas	No. máximo de Rociadores
1	1 rociador
1 1/4	2 rociadores
1 1/2	5 rociadores
2	8 rociadores
2 1/2	13 rociadores
3	27 rociadores
3 1/2	40 rociadores
4	55 rociadores
5	90 rociadores
6	150 rociadores

c) para una tubería de 8" que sirva una-  
 área, esta no deberá exceder de 25 000 ft<sup>2</sup> en cual-  
 quier elevación.

Una vez seleccionado el diámetro de las-  
 tuberías entre los ramales se comprueba hidráulica-  
 mente que el diámetro mínimo es suficiente, por me-  
 dio de la caída de presión en la figura 4.6.

#### ROCIADOR EXTREMO:

Con el gasto en el punto (1) de la fig.-  
 4.4 y el diámetro de la tubería, se obtiene la caí-  
 da de presión de la figura 4.6, (38) para tubería-  
 mayor de 2" el valor obtenido se multiplica por -  
 0.714 (para C = 100).

En este punto se considera el codo o T - en que se encuentre instalado el rociador extremo. Para longitud equivalente usar tabla 4.5.

$$P_f = L_{eq} \times \frac{H_f}{100} = 11.0 \times 38/100 = 4.2; \text{ correspondien}$$

te a la caída de presión entre el primero y segundo rociador.

### SEGUNDO ROCIADOR:

La presión total en el rociador ② será - entonces:  $P_t = 28.0 + 4.2 = 32.2$  psi

Para calcular la  $P_n$  en ② por prueba y error, se usa la  $P_t$  32.2 psi y la figura 4.3 para obtener un primer gasto supuesto.

$$Q_{sup} = 32.3 \text{ gpm}$$

$$Q \text{ en } 2 = 29.7 + 32.3 = 62.0 \text{ gpm y con fig. 4.5:}$$

$$P_v = 1.2$$

Para obtener  $P_n = P_t - P_v = 32.2 \text{ psi} - 1.2 \text{ psi} = 31.0$  para corroborar el valor supuesto:  $Q = K \sqrt{P_n} = 32.3$  gpm.

$$Q = 5.7 \sqrt{31} = 31.7 \text{ gpm} \neq 32.2 \text{ gpm (no coincide)}$$

Usando 31.7 como el nuevo gasto supuesto se obtendrá la coincidencia de valores.

Cálculé la caída de presión igual que en el primer rociador, sólo que en rociadores intermedios no se consideran accesorios.

$$H_f = 40 \text{ para } Q = 61.4 \text{ gpm y } 1 \frac{1}{4}''.$$

$$P_f = 9 \times 40/100 = 3.6$$

TABLA 4.6

No. de Rociador u orificio.	Flujo en GPM.	Diám. de tuberfa	Accesos = tuberfa	L equiv. de tub. en ft.	Pérdida fricc. = psi/ft	Suma de Presión	Presión Normal	NOTAS
Rociador 1	29.7	1"	codo	long 9.0 Ac. 2.0 Tot 1.0	0.38	Pt= 28 Pe= Pf= 4.2	Pt = Pv Pn	Densidad=0.33 GPM/ft <sup>2</sup> de fig 4.3. Pt=28 psi
Rociador 2	31.7 61.4	1 1/4"		Long 9.0 Tot 9.0	0.4	Pt= 32.2 Pe= Pf= 3.6	Pt = 32.2 Pv = 1.15 Pn = 31.05	Qsup=31.7, Pv = 1.15 Qt=29.7+31.7 = 61.4 GPM Q = 5.7, $\sqrt{31.05} = 31.7$
Rociador 3	33.4 94.8	1 1/2"		Long 9.0 Long 9.0	0.42	Pt= 35.8 Pf= 3.8	Pt = 35.80 Pv = 1.53 Pn = 34.27	Qsup=33.37; Pv=1.53 Qt=94.77 GPM Q=5.7, $\sqrt{34.27} = 33.4$
Rociador 4	34.0 128.8	1 1/2"		Long 4.5 Long 4.5	.77	Pt= 38.6 Pf= 3.46	Pt = 38.6 Pv = 2.9 Pn = 35.5	Qsup=34.0; Pv = 2.9 Qt=128.8 Q=5.7, $\sqrt{35.5} = 34.0$
Punto 5 A	128.8					Pt= 42.06	Pt = 42.06	Flujo y presión en el Punto 5 A de la figura 4.4
Punto 5 B	128.8					Pt= 42.06	Pt = 42.06	Flujo y presión en -- 5 B, por simetrfa. -- Ver figura 4.4
Punto 5 C	257.6	2	T	Leq Acc 10 Tot 10	.72	Pt= 42.06 Pe= Pf= 7.70		
Punto 10 A	257.6	2				Pf= 49.76		$Q = K \sqrt{P}$ $K = \frac{Q}{\sqrt{P}} = \frac{257.6}{\sqrt{49.76}} = 36.52$
Fila a Punto 10	257.6	2	codo	Long 9.0 Acc 5.0 Tot 14.0	.72	Pt= 49.76 Pe Pf= 10.08		C = 100 K = 36.52 Pf=14x.72 = 10.08
Fila b Punto 11	274.0 531.6	3		Long 9.0 Tot 9.0	.343	Pt= 59.84 Pf= 3.08		Pt = 59.84 C=120; 0.48x.714 = 0.343 Pv = 3.6 Qsup=274.4 Pn = 56.24 Q=36.52, $\sqrt{56.24} = 273.7$
Fila c Punto 12	270.4 802	3		Long 9.0	.714	Pt=62.92 Pf= 6.42		Pt=62.92 Qsup=270 Pv= 8.4 Q=30.52, $\sqrt{54.52} = 270$ Pn=54.52 Pf=1.0 x .714 = .714
Fila d Punto 13	284 1086	3 1/2"		Long 4.5 4.5	.56	Pt= 69.34 Pe Pf= 2.54		Pt= 69.34 Qsup = 280 Pv= 8.8 Q = 36.5, $\sqrt{60.54} = 284$ Pn= 60.54 Con este valor checka.
Punto 18	2172	5	T	Long 36 Acc 12 Tot 48	.357	Pt= 71.88 Pe= Pf= 17.14		Por simetrfa, el valor gasto en ambos lados del punto 18 es 1086.
Punto 19	2172	5				Pt= 89.02		Presión al punto de elevación desde la válvula de control.

### ROCIADOR TERCERO Y SUBSECUENTES:

La presión total para el tercer rociador será  $= 32.2 + 3.6 = 35.8$  psi.

Para los rociadores tercero y subsecuentes se sigue el mismo procedimiento, con  $P_t$  y el re cuadro de la figura 4.3, se hará el primer tanteo y usando el resultado como el segundo tanteo, normalmente se iguala.

En la tabla 4.6 se puede observar el resumen del cálculo.

### PRESION EN EL PUNTO DE SUMINISTRO:

El punto de suministro (punto (5) en fig 4.4) sirve a dos ramales por medio de una T. El punto (5 A) suministra a los rociadores derechos y el (5 B) a los izquierdos.

La  $P_t$  en (5 A) es  $= 38.6$  psi  $+ 3.46 = 42.06$  psi al incluir la caída de presión de la tubería entre el rociador (4) y el punto (5 A) con un gasto de 128.8 gpm.

En nuestro ejemplo el sistema es simétrico por lo que el punto (5 B) tiene las mismas condiciones que el izquierdo.

En caso de no ser así se calcularía con el mismo procedimiento los rociadores hasta llegar al (5 B) y entonces igualar presiones; por ejemplo suponga que el ramal derecho sólo tiene 3 rociadores y su gasto total en el punto (5.B) es 93.4 gpm con una  $P_t$  de 30.4; el gasto de (5 B) deberá incrementarse hasta el valor correspondiente a la pre - sión de (5 A) (42.0 psi) de la siguiente forma:

$$\frac{Q_2 \sqrt{P_2}}{Q_1 \sqrt{P_1}} \quad \text{donde} \quad \frac{Q_2 \sqrt{42.0}}{93.4 \sqrt{36.4}}$$

$$y Q_2 = 93.4 \sqrt{1.15} = 99.94$$

Quedando entonces el gasto combinado en ⑤ (asi --- métrico) 228.3 gpm.

El gasto o flujo combinado para nuestro sistema en cambio se obtiene en el punto (5 C), con la suma de A + B y la presión total incluirá la "T" que distribuye el flujo y el niple que une a (5 C) con (5 A) (fig. 4.4) si éste excede de 6 pulgadas.

$P_t = 42.06 + 7.6 = 49.6$  psi (para diámetro de 2") En caso de que la presión requerida sea muy alta en estos puntos (10 al 16), se podrá aumentar el diámetro del tubo para bajar la caída de presión, p. ej:

$$P_t = 42.06 + 3.96 = 46.02 \text{ psi (para diámetro de } 2 \frac{2}{1} \text{")}$$

Aquí se calcula con esta presión y flujo el coeficiente K para la fila, como si fuera un so lo rociador u orificio:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

#### VARIOS RAMALES TRABAJANDO

Se inicia con la presión total y el flujo del punto (10) como fila ① y se procede a sumar las pérdidas por fricción, tanteando en cada caso-

un gasto supuesto.

La técnica para dimensionar en forma simétrica consiste en considerar cada punto de suministro de fila como un rociador en sí y calcularlo en consecuencia.

Al llegar al suministro central se podrá duplicar el gasto a la misma presión. Para sistemas asimétricas y con distribuciones complicadas, se deberá estimar el flujo en cada rociador o ramal, igualando además presiones en cada punto de suministro común.

Margen para mangueras o hidratantes:

De acuerdo a la tabla 4.7 para alta demanda de rociadores; como en el caso del ejemplo, podrá ser hasta 4 estaciones de mangueras.

Gasto Unitario	No. de Estación	Total
250 Gpm	3	750 Gpm

#### 4.14.- DEMANDA DE AGUA VS INCENDIO

Al determinar la cantidad de agua necesaria para la protección vs incendio, la primera consideración es la velocidad de flujo a la presión requerida para el buen desarrollo del sistema de rociadores.

La siguiente consideración deberá hacerse para las cantidades adicionales de agua que serán requeridas para las mangueras vs incendio. Finalmente se deberán decidir la (s) fuente (s) de agua que cubrirá todas las necesidades.

##### 4.14.1.- DEFINICIONES DE TERMINOS.

1).- Demanda Primaria.- Para rociadores-

TABLA 4.7

GUIA PARA ESTIMAR EL MARGEN DE DEMANDA PARA ESTACION DE MANGUERAS ESTANDAR.

CLASE DE DEMANDA	NO. DE ESTACIONES DE MANGUERAS (250 GPM)
BAJA	0 - 2
MODERADA	0 - 3
ALTA	1 - 4

automáticos es el gasto en GPM a la cual será requerida el agua para surtir los rociadores que pudieran abrirse inicialmente, hasta que otra fuente de suministro está disponible.

2).- Suministro Primario.- Es el flujo en GPM al cual el agua está disponible instantáneamente a la presión requerida para una operación efectiva de los rociadores.

3).- Demanda Total.- Es el flujo en GPM a la cual el agua será requerida en suministro de todos los rociadores que puedan en último de los casos abrirse.

4).- Suministro total.- En el flujo en GPM a la cual el agua está disponible de todas las fuentes a la presión requerida para una operación efectiva de los rociadores, superior a cualquier necesidad de suministro de las mangueras para funcionar continuamente.

#### 4.14.2.- DEMANDA DE AGUA PARA ROCIADORES.

1.- Demanda total de rociadores.- Las demandas de agua estimadas en la tabla 4.8 deberán ser adecuadas para la demanda total, excepto en aquellas áreas donde puedan suceder fuegos de una severidad anormal.

En general la presión mínima requerida en la parte superior de un elevador, localizado centralmente, para que suministre efectivamente un sistema moderno de rociadores, es de 15 psi para una demanda de 500 galones por minuto, con un incremento de 5 psi para cada 500 gpm de demanda adicional.

La cantidad requerida de agua puede ser substancialmente mayor donde existan condiciones -



TABLA 4.8VALORES GENERALES DE DEMANDA TOTAL EN SISTEMAS  
DE ROCIADORES

CLASE DE DEMANDA	DEMANDA TOTAL DE ROCIADORES, GPM.
BAJA	500 - 1000
MODERADA	800 - 1300
ALTA	1300 - 2000 *

Area de protección por rociador: 80 - 130 ft<sup>2</sup>

\* La clase de alta demanda normalmente agrupan las áreas de riesgo extraordinario o donde existen - polvos combustibles plásticos de alta velocidad - de propagación, líquidos inflamables, etc.

desfavorables de líquidos inflamables con bajo -- punto "flash", pilas de almacenamiento altas que -- favorecen un incendio rápido e interferencia en la distribución de los rociadores.

2.- Demanda Primaria de Rociadores.- En los lugares donde existen líquidos y gases inflamables, químicos peligrosos y polvos combustibles -- donde los rociadores deberán abrir muy rápidamente, la demanda total se alcanzará inmediatamente. En -- tales casos no deberá haber diferencia entre las -- demandas primaria y total. En localizaciones más -- seguras que estén libres de riesgos por fuegos de -- materiales de punto "flash" bajo y condiciones que pueden abrir los rociadores rápidamente; la demanda primaria puede ser tan baja como el 50% de la -- demanda total;

3.- Demanda de Agua Para Sistemas de Diluvio.- La demanda para sistemas de rociadores -- abiertos para la protección contra la exposición y por sistemas de diluvio para la protección contra -- riesgos especiales puede ser predeterminada con to -- da precisión ya que en estos casos todos los rocia -- dores deben suministrarse simultáneamente. Los sis -- temas diseñados para la protección contra exposi -- ción al fuego generalmente no se usan en conjunto -- con rociadores automáticos como se podrá ver en el capítulo VII de este trabajo. La demanda de agua -- en los sistemas de diluvios puede ser mayor que la demanda por rociadores automáticos.

#### 4.14.3.- DEMANDA DE AGUA PARA MANGUERAS.

El tipo de localidad y el arreglo exis -- tente son los principales factores para determinar hasta donde estaciones de mangueras serán necesa -- rias conjuntamente con rociadores.

1.- Fuegos en almacenes de materia prima donde el acceso es difícil y donde el humo dificulta determinar el grado de extinción con los rociadores automáticos.

2.- Fuegos de difícil acceso y fuegos en materiales en tarimas altas.

3.- Fuegos de líquidos inflamables, particularmente en líquidos que tengan punto "flash" menor de 225 °F (107°C)

4.- Fuegos en materiales donde el control por rociadores es muy lento, o donde el chisporroteo es persistente y la re-ignición muy probable.

Las tablas para el cálculo de descarga de boquilla la presión en el hidrante requerida para varias longitudes de manguera, pérdidas por fricción en las mangueras y el alcance efectivo horizontal y vertical del chorro de la manguera se obtienen normalmente de los fabricantes.

#### 4.14.4.- DEMANDA TOTAL PARA LA PROTECCION DE LA PLANTA.

Es un principio bien establecido por la experiencia, que los rociadores deberán mantenerse en operación hasta que sea seguro que el fuego está bajo control y la extinción final se puede llevar a cabo con mangueras.

Las fuentes de suministro de agua no solamente deberán proporcionar el gasto y la presión requeridas para las mangueras y los rociadores sino también deberán ser capaces de mantener ambos, -gasto y presión durante la duración del fuego.

Para localizaciones de baja demanda las cuales no tengan líquidos inflamables o materiales

combustibles que puedan producir rescoldos o chisporroteos persistentes, el suministro podrá ser para un mínimo de 1/2 hora. En general para localizaciones de baja demanda un suministro de 1 hora será suficiente.

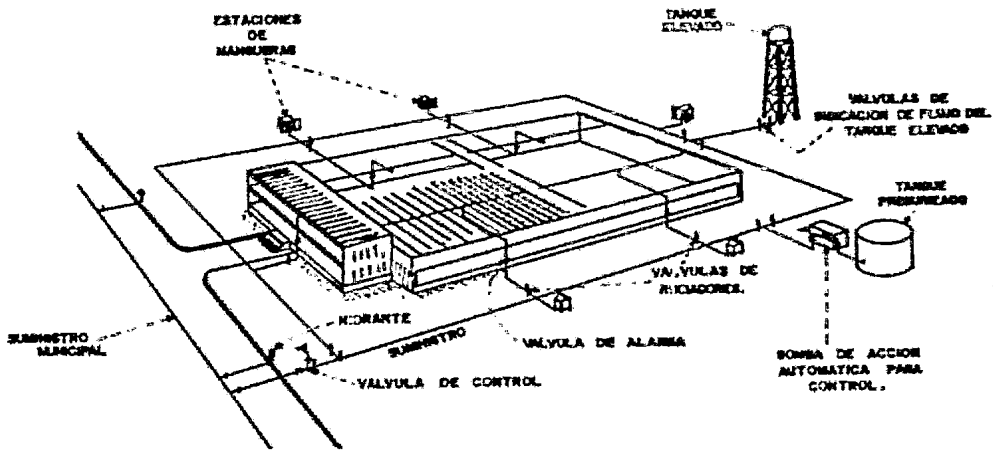
Para localizaciones de moderada y alta demanda el suministro deberá ser suficiente para un lapso de tiempo que varíe de 1 a 4 horas. Las condiciones que puedan resultar en la operación conjunta de rociadores automáticos y mangueras son aquellos que también requerirán largos períodos de demanda de agua.

#### 4.14.5.- FUENTES DE AGUA.

Suministro Primario.- Es de vital importancia que el agua disponible como suministro primario de los rociadores sea capaz de proporcionar instantáneamente el agua a los rociadores que abrirán en las primeras etapas del fuego. Tales suministros pueden ser uno o combinación de alguna de las siguientes fuentes:

- 1.- Interconexión con el sistema de agua pública.
- 2.- Tanques (o reservas elevadas) de gravedad.
- 3.- Tanques presurizados con tanques de gravedad o bombas automáticas contra incendio.
- 4.- Sistemas combinados de protección vs incendio y aguas industriales.
- 5.- Aguas Industriales con una confiabilidad adecuada para servicios de fuego.

En la fig. 4.7 se muestra una instalación



**FIG. 4.7** INSTALACION TIPICA PARA UN SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS EN UNA PLANTA, MOSTRANDO LOS ROCIADORES Y FUENTES DE SUMINISTRO.

típica de un sistema de rociadores con los diferentes componentes con que debe contar. En la industria de fabricación de termoplásticos, los equipos normalmente usados para el suministro de agua son:

- Tanques elevados.- Un Tanque elevado tiene la ventaja de proveer, bajo premisas, una fuente de agua confiable e inmediata.

La altura normal máxima de la torre, sin embargo limita la presión a nivel de piso a 50 o 55 psi. La cual puede no ser suficiente para proteger edificios de varios pisos, o localizaciones que requieran un alto flujo de descarga en los rociadores.

Para suministrar una presión adecuada para los rociadores, el fondo de un tanque elevado deberá estar cuando menos a 35 pies de altura sobre el rociador más elevado. Cuando un tanque elevado se usa en las primeras etapas de fuego, para suministrar no solamente la demanda primaria de los rociadores, sino también para suministrar las mangueras habiendo un suministro secundario, el tanque deberá tener capacidad suficiente para suministrar la demanda total combinada de rociadores y mangueras por un mínimo de 30 minutos.

- Tanques presionados con tanques elevados o bombas automáticas de fuego.

Los tanques presionados instalados a nivel de piso y usados en conjunto con bombas de fuego de encendido automático, tienen aplicación en plantas donde el agua pública no es adecuada, donde el tanque elevado no es posible por la proximidad de un aeropuerto, limitaciones de espacio, consideraciones estéticas, costo u otras razones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Handbook of industrial loss prevention, Factory Mutual System, 2nd ed: Mc Graw - Hill (1976) New York, N.Y.
- 2.- Fire Protection Handbook; Mc Kinnon, G.P., 14th ed, National Fire Protection Association - (1976), Boston Mass.
- 3.- National Fire Codes, Vol. 1, N.F.C., National-Fire Protection Association, (1975), Boston - Mass.
- 4.- Standard Handbook of Engineering Calculations, Hicks, T.G.; Mc Graw-Hill (1972), New York, N.Y.
- 5.- Safety standards, codes and practices for plant design, Part I. Design considerations. Burklin, R., Chem Eng. Oct. 2, p. 56, (1972).
- 6.- Safety standards, codes and Practices for plant design. Part II Testing standards and insurance associations. Burklin, R., Chem Eng, Oct. 16. - p. 113, (1972).
- 7.- Safety standards, codes and Practices for plant design. Part III. Professional and trade associations, government agencies. Burklin, R., Chem - Eng., Nov. 13, p. 143, (1972).

CAPITULO V.- DISPOSITIVOS DE PROTECCION POR  
ALIVIO DE PRESION.



## 5.1.- DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESION.

Los sistemas de alivio de presión proporcionan los medios de protección para el personal y el equipo de cualquier posibilidad de incremento anormal de presión en equipos o tuberías de proceso. Siempre es importante buscar las posibles fuentes de incrementos de presión así como el análisis de los resultados si este hecho ocurre.

Algunas de las condiciones que pueden causar presión excesiva son:

- Exposición al fuego o a cualquier otra fuente externa de calor.
- Calentamiento o enfriamiento de líquidos bloqueadores entre válvulas provocando una expansión hidráulica.
- Falla mecánica de servicios de seguridad normales, mal funcionamiento de equipo de control o errores en la operación manual de válvulas propiciando un sobrellenado del equipo.
- Excesiva generación de vapor provocada por un desbalanceo térmico del proceso.
- Reacción química con generación de calor y producción de vapor en exceso para la capacidad del sistema.

Actualmente existen diferentes dispositivos para el alivio de presión:

**VALVULA DE ALIVIO.**- Es un dispositivo de alivio de presión automático actuado por la presión estática "corriente arriba" de la válvula, la

cual abre en proporción al incremento de presión - sobre la presión de calibración. Se usan princi -- palmente para líquidos. En la fig. 5.1 se muestra el esquema de una válvula de alivio con sus princi -- pales componentes.

VALVULA DE SEGURIDAD.- Es un dispositivo de alivio de presión automático actuado por la pre -- sión estática corriente arriba de la válvula y se -- caracteriza porque al abrir lo hace completamente. Se utilizan para gases y vapores. El principio de -- operación de este tipo de válvulas se muestra en -- la fig. 5.2.

VALVULA DE SEGURIDAD - ALIVIO.- Es un -- dispositivo de alivio de presión automático actua -- do por la presión estática corriente arriba de la -- válvula y se caracteriza porque puede operar como -- válvula de seguridad o de alivio dependiendo de la -- aplicación; es la de uso más generalizado.

VALVULAS CONVENCIONALES Y BALANCEADAS.-- Las válvulas de seguridad convencionales operan sa -- tisfactoriamente sólo cuando existe una presión -- constante a la descarga de la válvula. Los cambios en esta presión pueden afectar seriamente su pre -- sión de operación y su capacidad de flujo. Las vál -- vulas balanceadas en cambio operan satisfactoria -- mente cuando hay cambios en la presión a la descar -- ga de la válvula. Esta diferencia se puede ver com -- parativamente en las figuras 5.2 y 5.3.

DISCOS DE RUPTURA.- Un disco de ruptura -- es un diafragma delgado (metálico, plástico o no -- metálico), soportado entre bridas y diseñado para romperse a una presión predeterminada, cada rompi --

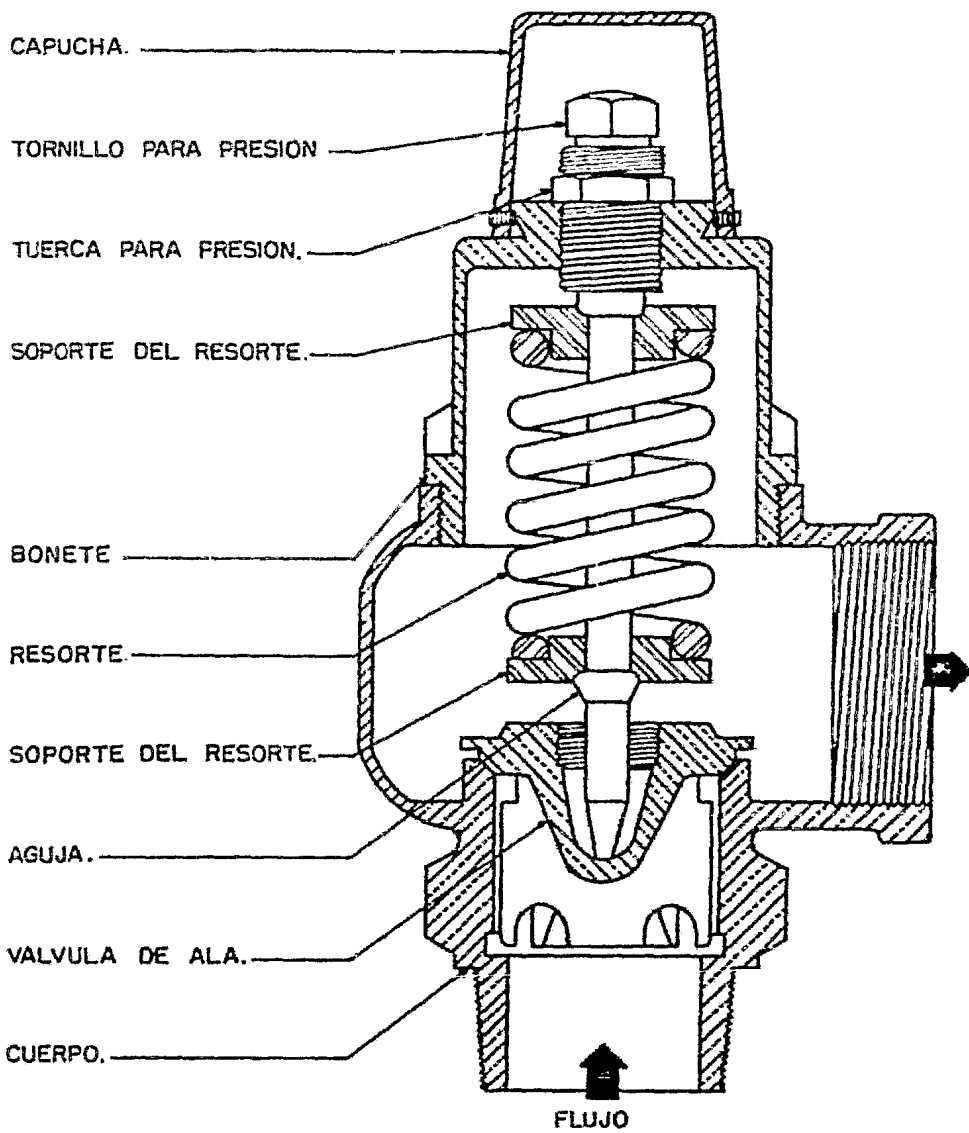


FIG. 5.1 VALVULA DE ALIVIO.

miento requiere la instalación de un disco nuevo.- Se utiliza para el manejo de líquidos corrosivos o se puede usar en serie con las válvulas de alivio cuando se manejan sustancias tóxicas (ref. 1,2, - 3,). También se recomienda cuando el fluído es de alta viscosidad o cuando existe la posibilidad de explosiones internas o detonaciones, teniendo su principal aplicación en la industria del plástico en los reactores de polimerización. En la figura 5.4 se muestra un disco de ruptura del tipo com -- puesto.

Antes de iniciar el cálculo de los dispositivos de alivio de presión es importante definir algunos términos relacionados al tema (ref.4):

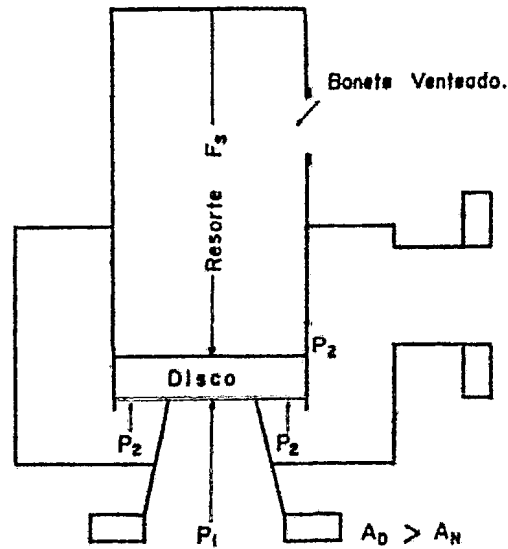
**PRESION DE ABERTURA.**- Es la presión, en psig, a la cual se calibra la válvula (de seguridad o alivio), para que abra. Esta presión se fija sin considerar la presión a la descarga de la válvula.

**PRESION DE OPERACION.**- La presión de operación de un recipiente es la presión, en psig, a la cual el recipiente está normalmente sujeto en servicio. Un recipiente está diseñado además para una presión de operación máxima permitida, en psig lo cual proporciona un margen de seguridad sobre la presión de operación, para prevenir cualquier hecho indeseable sobre la operación de los dispositivos de alivio.

**PRESION DE OPERACION MAXIMA PERMITIDA.**-- Esta presión es la determinada por el material de construcción y la temperatura de operación, arriba de la cual, el recipiente no deberá ser operado. - Esta presión es la base para fijar el límite superior a la que debe abrir el dispositivo de alivio de presión.

FIG. 5.2 VALVULAS DE SEGURIDAD CONVENCIONALES.

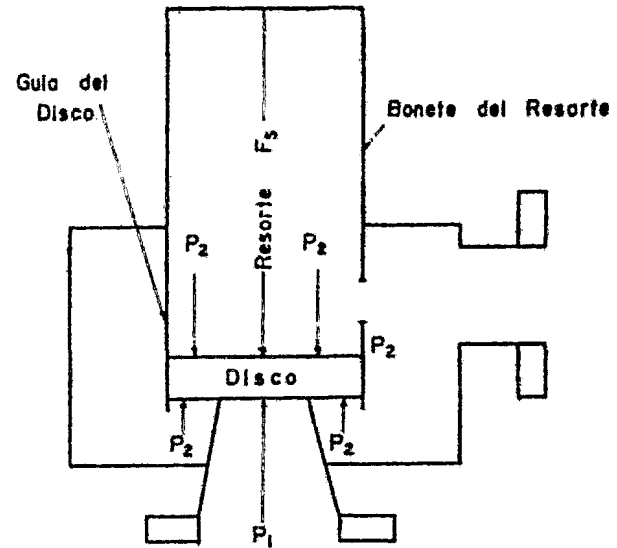
Bonete Venteadado a lo Atmosfera.



$$P_1 A_N = F_3 - P_2 (A_D - A_N)$$

LA PRESION A LA DESCARGA DISMINUYE LA PRESION DE CALIBRACION.

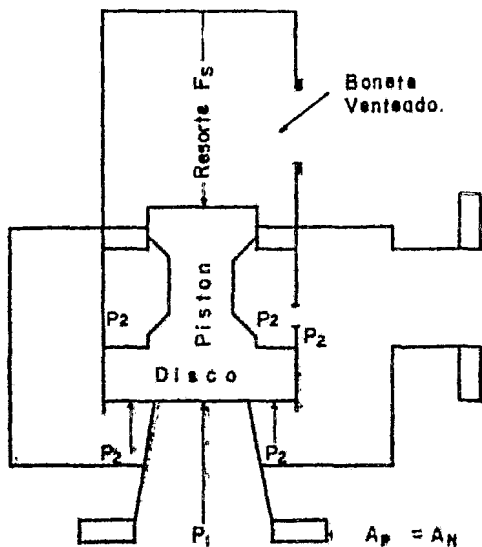
Bonete sin Ventear.



$$P_1 A_N = F_3 + P_2 A_N$$

LA PRESION A LA DESCARGA AUMENTA LA PRESION DE CALIBRACION.

FIG.53. VALVULAS DE SEGURIDAD BALANCEADAS.

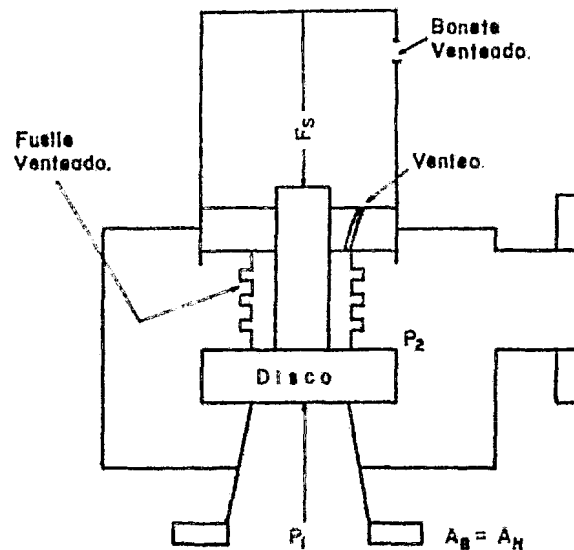


TIPO PISTON VENTEADO Y DISCO BALANCEADO.

$$P_1 A_N = F_s$$

$$\text{Presión de Calibración } P_1 = \frac{F_s}{A_N} = \frac{\text{Fuerza del Resorte}}{\text{Área del asiento de la boquilla}}$$

La Presión a la de Descarga Tiene Muy Poco Efecto en la Presión de Calibración.



TIPO FUELLE.

NOTA

$P_1$  = Presión de Calibración de la Válvula

$P_2$  = Presión en la línea de descarga.

$F_s$  = Fuerza del resorte de la válvula

$A_N$  = Área del asiento de la boquilla.

$A_p$  = Área de la cara del Pistón

$A_b$  = Área del fuelle.

$A_D$  = Área del disco de la Válvula.

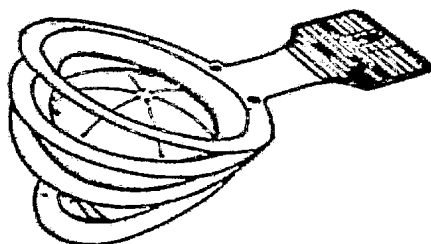


FIG. 5.4 DISCO DE RUPTURA TIPO "DRR". Consiste de un disco delgado con anillos en las partes superior e inferior (BS & B RUPTURE DISKS.)

**SOBREPRESION.**- Es el aumento de presión, por encima de la presión fijada para que actué el dispositivo de alivio. La sobrepresión es igual a la acumulación cuando el dispositivo de alivio está calibrando a la presión de operación máxima -- permitida del recipiente.

**ACUMULACION.**- Es el aumento de presión - sobre la presión de operación máxima permitida del recipiente, que se genera durante la descarga a - través del dispositivo de alivio de presión. La - acumulación se puede expresar en psig. o en porcentaje.

**PRESION DE DESCARGA.**- Es la presión que se desarrolla del lado de la descarga de la válvula de alivio. Esta presión puede ser generada por el fluido al pasar por la línea de descarga; puede ser también una presión existente, como parte del sistema de venteo a donde descarga la válvula o - una combinación de ambas.

Los materiales de construcción que se - pueden obtener en los dispositivos para alivio de presión satisfacen todos los requerimientos de resistencia mecánica y a la corrosión. Los fabricantes ya han establecido una lista de materiales comunes que se ajustan a la gran mayoría de las aplicaciones. Para algunas aplicaciones específicas - de corrosión, sólo se requiere cambiar algunas partes de la válvula.

## 5.2.- DIMENSIONAMIENTO Y SELECCION DE DISPOSITIVOS PARA ALIVIO DE PRESION.

Una selección del equipo apropiado, para el alivio de presión, consiste de los siguientes - puntos (ref. 5, 6, 7, 8, 9, 10):



- 1.- Determinar el flujo que pasará a través de -- dicho equipo lo cual depende del volumen por -- desalojar y el tiempo del que se disponga para este propósito tal como se verá en el ejemplo -- que se trata más adelante.
- 2.- La determinación del área del orificio, necesa ría para aliviar la cantidad predeterminada de fluido, de acuerdo a la capacidad del recipiente o tubería.
- 3.- La selección de la válvula o disco de ruptura -- que se ajuste específicamente a los requeri -- mientos de presión y temperatura del servicio.

Las ecuaciones que se utilizan para el -- cálculo del orificio requerido son las estableci -- das por la ASME (ref. 11, 12):

PARA PRESION CONSTANTE EN LA DESCARGA:

- PARA VAPORES Y GASES (lb/hr):

$$A = \frac{W_{ph} \sqrt{T} \sqrt{Z}}{C_1 P \sqrt{M} K_b} \quad (5.1)$$

- PARA VAPOR DE AGUA (lb/hr):

$$A = \frac{W_s}{50P K_b K_{sh}} \quad (5.2)$$

- PARA LIQUIDOS (GPM):

$$A = \frac{Q_{gm} \sqrt{G}}{27.2 \sqrt{Pd} K_p K_u} \quad (5.3)$$

PARA PRESION CONSTANTE O VARIABLE A LA DESCARGA:

- PARA VAPORES Y GASES (lb/hr):

$$A = \frac{Wp_i \sqrt{T} \sqrt{Z}}{C_1 P \sqrt{M} K_v} \quad (5.4)$$

- PARA VAPOR DE AGUA (lb/hr):

$$A = \frac{W_s}{50 P K_v K_{sh}} \quad (5.5)$$

- PARA LIQUIDOS (GPM):

$$A = \frac{Q_{gm} \sqrt{G}}{27.2 \sqrt{Pd} K_p K_w K_u} \quad (5.6)$$

En donde:

- A: Area del orificio requerido ( $\text{in}^2$ )
- $C_1$ : Constante de flujo del gas o vapor que se --  
obtiene de la tabla 5.1 utilizando la rela -  
ción de calores específicos "k" del gas o va -  
por que se esté manejando.
- G: Gravedad específica del gas (Aire = 1) o gra -  
vedad específica del líquido (agua = 1).
- k = Relación de calores específicos  $C_p/C_v$ , a las -  
condiciones de presión y temperatura de entra -  
da, si se desconoce esta relación usar  $K=1.001$ .
- $K_b$ : Factor de corrección para flujo de vapor o -  
gas con presiones a la descarga constantes y -  
mayores a la presión crítica. Ver fig. 5.7

k	C <sub>1</sub>	k	C <sub>1</sub>	k	C <sub>1</sub>	k	C <sub>1</sub>
1.001	307	1.20	321	1.40	347	1.58	362
1.02	310	1.22	331	1.42	349	1.60	363
1.04	312	1.24	332	1.44	350	1.62	365
1.06	314	1	334	1.46	352	1.64	367
1.08	316	1.08	336	1.48	354	1.66	369
1.10	319	1.10	338	1.50	356	1.68	371
1.12	321	1.12	340	1.52	358	1.70	373
1.14	323	1.14	342	1.54	360	1.72	375
1.16	325	1.16	344	1.56	362	1.74	377
1.18	327	1.18	346				

Tabla No. 5.1.- Constante de flujo del gas o vapor ( $C_1$ ). Esta constante se obtiene multiplicando el coeficiente de descarga de la válvula ( $K_D$ ) por la constante del vapor o gas ( $C$ ) utilizada por la ASME en su clasificación de recipientes sujetos a presión sin fuego.  $C_1 = K_D \cdot C$ ;

donde  $C = 520 \sqrt{k \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$  y  $k = \frac{C_p}{C_v}$ . Esta tabla se da para valores de  $K_D = 0.975$  (válvulas de alivio tipo garganta). Para discos de ruptura se deberá considerar  $K_D = 0.81$  para vapores y  $K_D = 0.61$  para líquidos.

- $K_D$ : Coeficiente de descarga de la válvula.
- $K_p$ : Factor de corrección para sobrepresiones menores de 25%; en el cálculo de capacidad de líquidos. Ver fig. 5.6.
- $K_{sh}$ : Factor de corrección por sobrecalentamiento - Ver tabla 5.2.
- $K_v$ : Factor de corrección por viscosidad. Ver fig. 5.5.
- $K_v$ : Factor de flujo para vapor o gas con presión a la descarga variable. Ver fig. 5.8.
- $K_w$ : Factor de flujo para líquidos donde la presión a la descarga sea variable. Ver fig. 5.9.
- $M$ : Peso molecular promedio del vapor.
- $P$ : Presión de alivio en psia = Presión de abertura + sobrepresión + 14.7.
- $P_d$ : Diferencial de presión entre la presión de abertura y la presión a la descarga cuando ésta es constante, en psig.
- $Q_{gm}$ : Capacidad requerida del líquido en gal U.S. - por min.
- $T$ : Temperatura de entrada, en °R.
- $W_{p.}$ : Capacidad requerida del vapor, en lb/hr.
- $W_s$ : Capacidad requerida de vapor de agua, en lb/hr.
- $Z$ : Factor de compresibilidad del gas en cuestión, a la temperatura y presión de operación (Si no se dispone de este valor, se puede usar en forma segura el valor de  $Z = 1.0$ ).

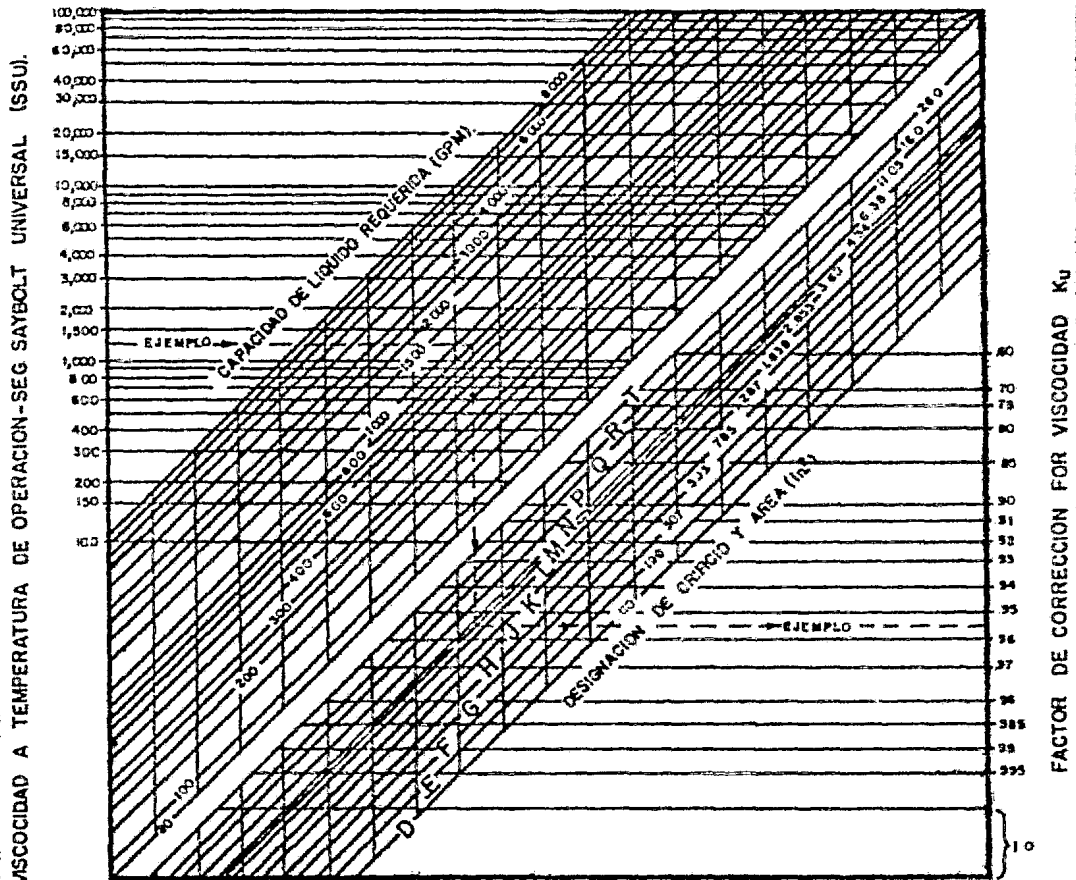


FIG. 5.5 FACTOR DE CORRECCION POR VISCOSIDAD.

La viscosidad del líquido puede reducir la velocidad y capacidad suficientemente para requerir un orificio de mayor tamaño que el indicado por la fórmula usual de capacidades en líquidos.

Esta carta de viscosidad simplificada y los factores " $K_u$ " de corrección por viscosidad que se obtienen de ella, se usan en tablas de alivio de tamaño adecuado requeridas para servicio en líquidos viscosos. Las fórmulas y gráficas usadas para preparar esta carta, reflejan los últimos informes en la materia.

Para servicio en líquidos viscosos, es aconsejable permitir 25% de sobre-capacidad para dimensionar conservadoramente y considerar el uso de resortes y/o cuerpos encaquetados con el propósito de aislar las partes en movimiento y prevenir el congelamiento del fluido.

#### MUESTRO DE PROCEDIMIENTO

Debido a que el factor de corrección por viscosidad depende del área del orificio, no es posible una solución directa y se requiere suponer un orificio antes de que se pueda determinar con precisión el valor de " $K_u$ ". A continuación se dan los pasos a seguir para la selección de un orificio:

- PASO 1.- Calcular el primer orificio supuesto mediante la fórmula (5.3) y  $K_u=1.0$ .
- PASO 2.- Encontrar  $K_u$  en la gráfica, con los datos de capacidad, viscosidad y diámetro del orificio.
- PASO 3.- Verificar la selección del orificio.
- PASO 4.- Encontrar la capacidad del orificio seleccionado, de acuerdo a:  $Q_{pr}=27.2 A \sqrt{P} K_u K_v E_3$ ; donde:  $K_v=1/G$ . Utilizando  $A$  y  $K_u$  encontradas en el PASO 2.

FIG. 5.6 FACTOR DE CORRECCION PARA SOBREPRESION  $K_p$  DIFERENTE DE 25% UNICAMENTE PARA LIQUIDOS.

\* Si se debiera usar sobrepresion menor de 10% se debera consultar al fabricante para recomendaciones especificas.

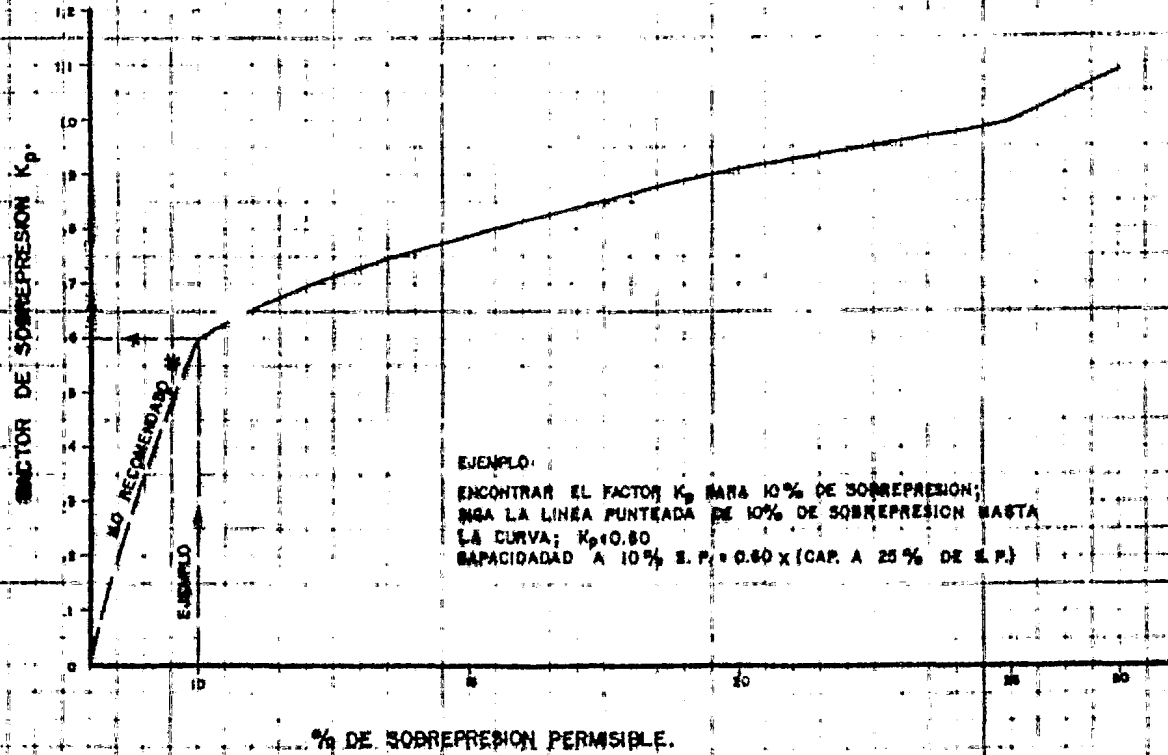


FIG. 5.7 FACTOR DE DIMENSIONAMIENTO PARA PRESION A LA DESCARGA CONSTANTE  $K_D$ , GASES Y VAPORES.

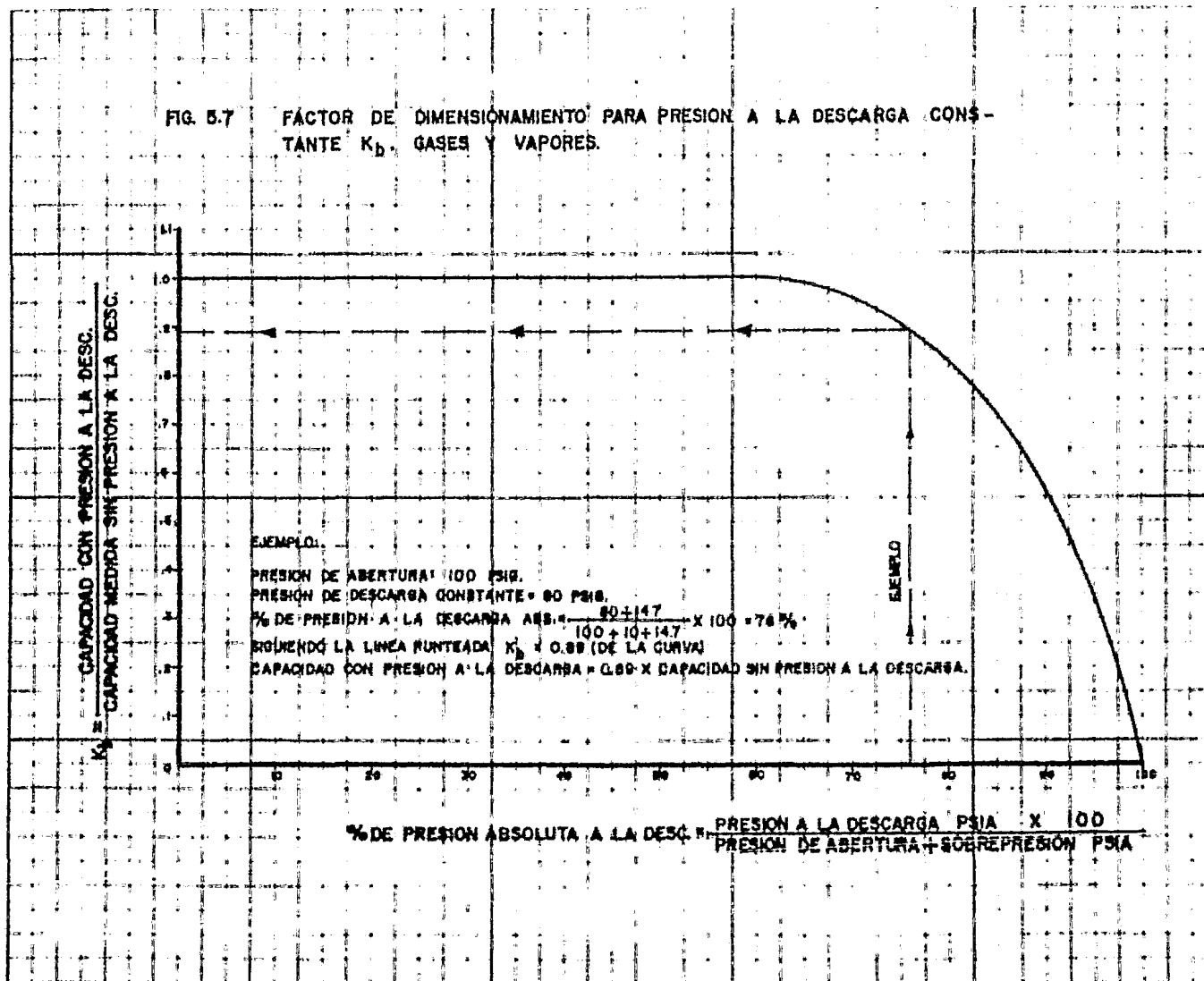


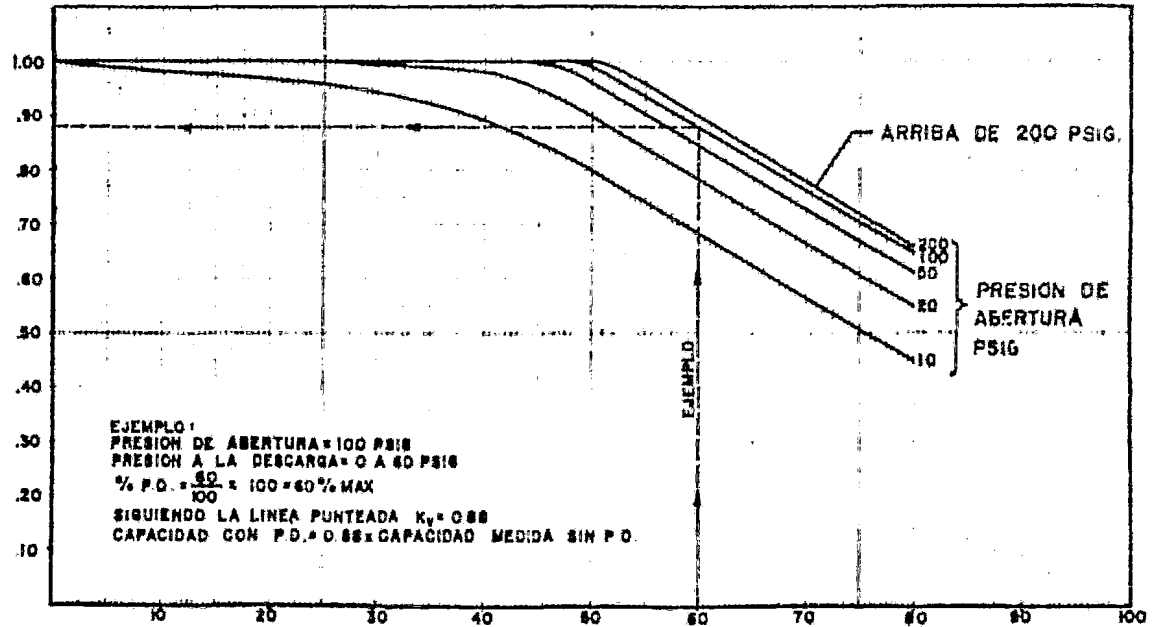
TABLA 5.2  
FACTOR DE DIMENSIONAMIENTO POR SOBRECALENTAMIENTO Kg/L

PRESION DE CALIBRACION psig.	TEMPERATURA DE SATURACION °F	T E M P E R A T U R A								T O T A L °F
		320	400	500	600	700	800	900	1000	
10	240	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	
20	259	1.0	0.98	0.92	0.88	0.84	0.81	0.78	0.75	
40	287	1.0	0.99	0.93	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	
60	308	-	0.99	0.94	0.90	0.86	0.82	0.79	0.76	
80	324	-	0.99	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79	0.77	
100	338	-	0.99	0.96	0.90	0.87	0.82	0.80	0.77	
120	350	-	0.99	0.97	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	
140	361	-	0.99	0.97	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	
160	370	-	1.0	0.97	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	
180	379	-	1.0	0.97	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	
200	388	-	1.0	0.98	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	
220	396	-	1.0	0.98	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	
240	403	-	1.0	0.98	0.93	0.87	0.84	0.80	0.77	
260	409	-	-	-	0.99	0.93	0.84	0.80	0.77	
280	416	-	-	-	0.99	0.94	0.84	0.80	0.77	
300	422	-	-	-	0.99	0.94	0.84	0.81	0.77	
350	433	-	-	-	0.99	0.94	0.85	0.81	0.78	
400	445	-	-	-	0.99	0.95	0.85	0.81	0.78	
500	470	-	-	-	0.99	0.95	0.85	0.81	0.78	
600	489	-	-	-	1.0	0.97	0.90	0.81	0.78	
800	520	-	-	-	1.0	0.97	0.90	0.81	0.78	
1000	546	-	-	-	0.98	0.90	0.85	0.81	0.78	



FIG. 5.8a FACTOR DE DIMENSIONAMIENTO PARA PRESION A LA DESCARGA CONSTANTE O VARIABLE  $K_v$ . 10% DE SOBREPRESION. UNICAMENTE VALVULAS BALANCEADAS-VAPORES Y GASES.

$$K_v = \frac{\text{CAPACIDAD CON PRESION A LA DESCARGA}}{\text{CAPACIDAD MEDIA SIN PRESION A LA DESCARGA}}$$



$$\% \text{ DE PRESION A LA DESCARGA} = \frac{\text{PRESION A LA DESCARGA, PSIG}}{\text{PRESION DE ABERTURA, PSIG}} \times 100$$

FIG. 5.Bb. FACTOR DE DIMENSIONAMIENTO PARA PRESION A LA DESCARGA CONSTANTE O VARIABLE  $K_v$ , 20% DE SOBREPRESION. UNICAMENTE VALVULAS BALANCEADAS-VAPORES Y GASES.

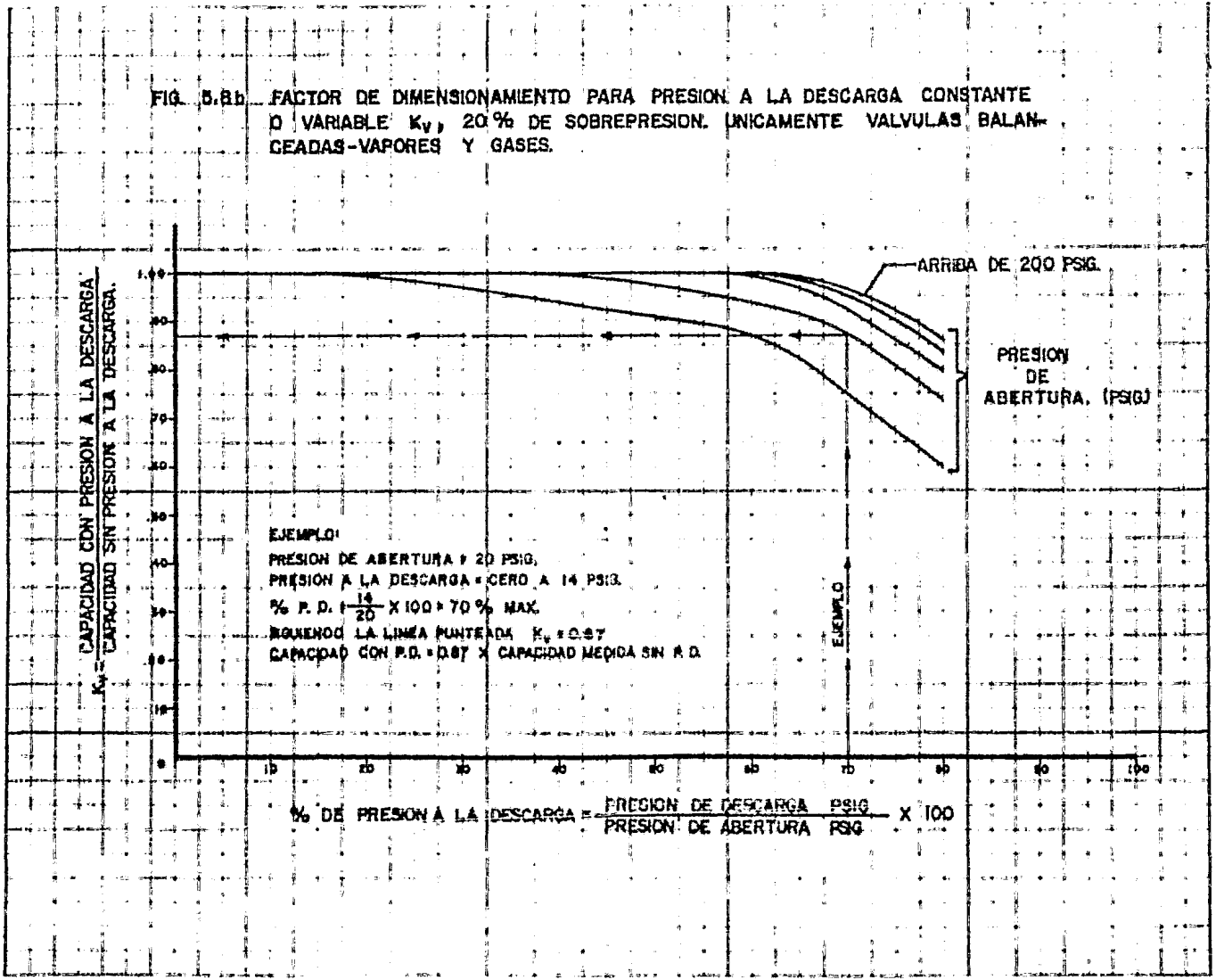
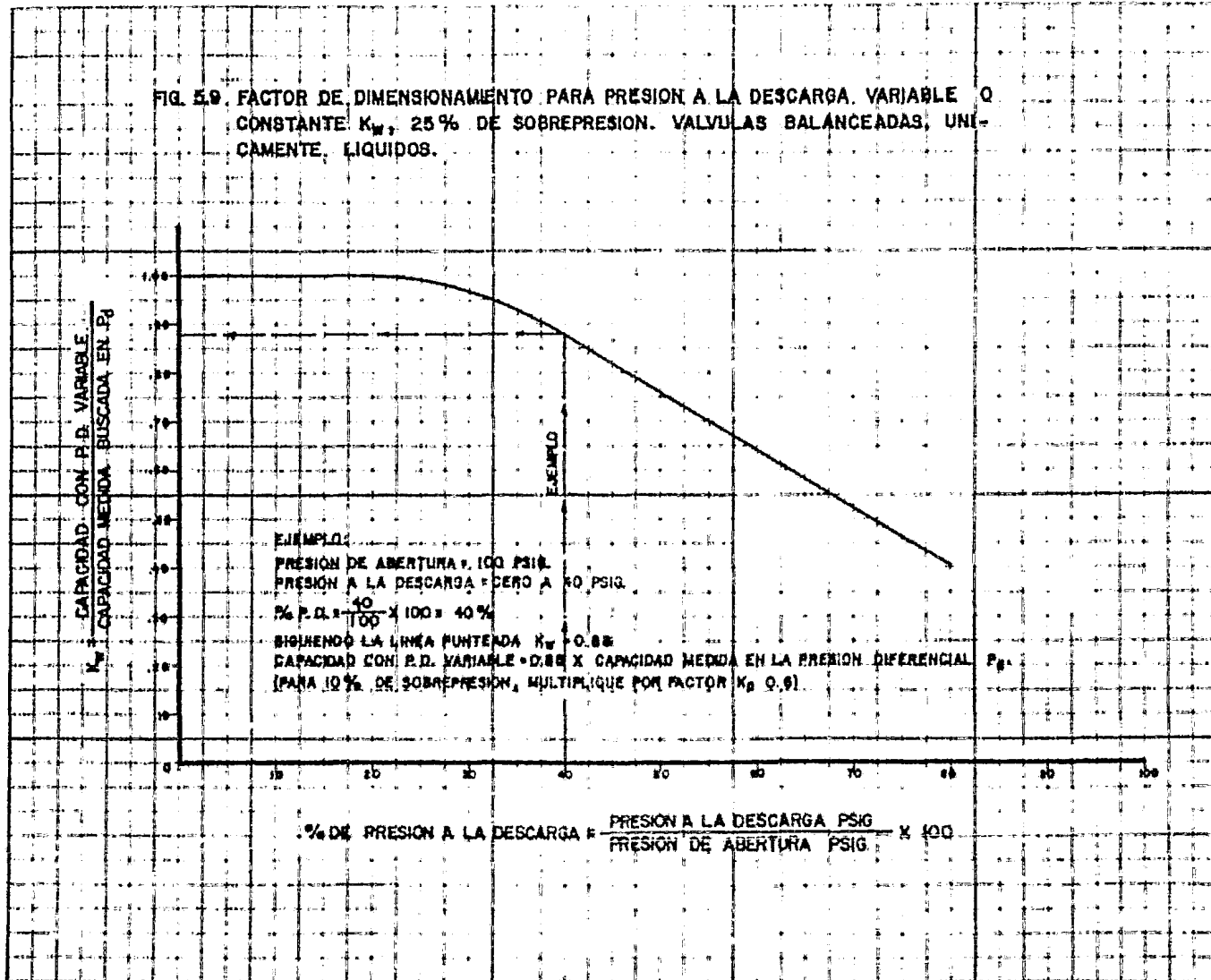


FIG. 5.9. FACTOR DE DIMENSIONAMIENTO PARA PRESION A LA DESCARGA VARIABLE O CONSTANTE  $K_w$ , 25% DE SOBREPRESION. VALVULAS BALANCEADAS, UNICAMENTE, LIQUIDOS.



Para seguir la secuencia de cálculo y - ver la aplicación de las fórmulas, tablas y figuras anotadas, se presenta el siguiente:

EJEMPLO: Se tiene un recipiente de 5ft - de diámetro y 7 ft de longitud operando normalmente a 5 psig. con acetato de vinilo, el recipiente - está siendo alimentado continuamente por una bomba de desplazamiento positivo con un flujo de 20 LPM.

El dispositivo de alivio de presión descargará a la atmósfera y se desea que abra al tener 15 psig en el interior del recipiente y que maneje el flujo que dá la bomba con 10% de sobrepresión. Se desea encontrar el diámetro de la boquilla de venteo.

DATOS:

Flujo por desalojar:	30 LPM
Presión de abertura:	15 psig
Presión a la descarga:	Atmósferica.
Gravedad específica del fluido:	0.932.

SOLUCION:

Para operación con líquidos y presión a la descarga constante, se deberá usar la ec. 5.3

$$A = \frac{Q_{gm} \sqrt{G}}{27.2 \sqrt{Pd} K_p K_u} \quad (5.3)$$

$$Q_{gm} = \frac{30 \text{ l}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3.7853 \text{ l}} = 7.925 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$\sqrt{G} = \sqrt{0.932} = 0.965$$

$$\sqrt{Pd} = \sqrt{15 - 0} = 3.873$$

$K_p = 0.6$  para 10% de sobrepresión (ver fig.5.6)

La viscosidad del material que se está -  
manejando es muy baja (0.45 cps), por lo que no se  
requiere la corrección por viscosidad y  $Ku = 1.0$ . -  
Para casos en los que se requiera hacer la correc-  
ción referirse a la fig. 5.5.

Substituyendo valores en ec. 5.3

$$A = \frac{7.925 \quad \times \quad 0.965}{27.2 \times 3.873 \times 0.6}$$

$A = 0.121 \text{ in}^2$  con este valor se ve la tabla de -  
orificios disponible (tabla No. 5.3), de donde  
se escoge el orificio que tiene un área de -  
 $0.196 \text{ in}^2$  o  $D=0.5 \text{ in}$ . Por lo que la boquilla-  
de alivio del tanque nunca deberá ser menor de  
este diámetro, de preferencia  $3/4''$ .

### 5.3.- DISPOSITIVOS PARA ALIVIO DE EXPLOSIONES:

Las explosiones internas en recipientes-  
de proceso, propiciadas por la ignición de mez -  
clas de gases o polvos inflamables, llevan invaria -  
blemente a incrementos de presión rápidos y eleva -  
dos que pueden causar daños extensos a menos que -  
sean aliviados. Las estructuras en las cuales pue -  
den ocurrir explosiones internas incluyen hornos -  
de gases, edificios donde se almacenan productos -  
inflamables, silos, tolvas y reactores químicos.

Aunque existen otros métodos de protec -  
ción, la técnica más común para tratar las explo -  
siones internas, es ventear el material explosivo -  
hacia afuera del recipiente. Un venteo proporciona  
una área de debilidad, y se escoge una velocidad -  
de venteo para mantener un nivel de presión que el  
equipo pueda soportar en forma segura.

TABLA 5.3  
DIMENSIONES DE ORIFICIOS Y VALVULAS COMERCIALES

A C E R C						
FLUIDO	AREA EFECTIVA DEL ORIFICIO in <sup>2</sup>	TAMAÑO in	PRESION máx. psig.	TAMAÑO in	PRESION máx. psig.	DESIG. DEL ORIFICIO
TODO	0.06	1/2 y	2000			D E F G H J K L M N P Q R T
	0.06	3/4	2000			
	0.11	1		3/4	5000	
	0.196			1	3000	
	0.184			1/2 y	3500	
TIPO	0.442			2		
				1/2 y	1500	
DE FLUIDOS	0.110			2		
	0.196					
	0.307					
	0.503					
	0.785					
	1.287					
	1.838					
	2.853					
	3.60					
	4.34					
	6.38					
	11.05					
	16.0					
26.0						

TABLA 5.3 (CONT.)

ACERO				ACERO O BRONCE		BRONCE, AC. INOX O HASTELLOY		FIERRO
FLUIDO	AREA EFECTIVA DEL ORIFICIO in	TAMAÑO in	PRESION máx. psig	TAMAÑO in	PRESION máx. psig.	TAMAÑO in	PRESION máx. psig	DESIG. DEL ORIFICIO
LIQUIDOS	0.043	1/2	300					
	0.098	3/4	300					
	0.173	1	300					
	0.390	1 1/2	300					
VAPORES Y GASES	0.079	1/2	300					
	0.179	3/4	300					
	0.307	1	300					
	0.812	1 1/2	300					
TODOS LOS FLUIDOS	0.019			1/2 y	2000			
	0.077			3/4	2000			
	0.250			1/2 y	2000			
				3/4	2000			
LIQUIDOS	0.063					1/2 y	150	
	0.208					3/4	150	
						1	150	
						1 1/4	150	
						1 1/2	150	
0.943	2	150						
VAPORES Y GASES	0.020					1/2 y	150	
	0.067					3/4	150	
						1	150	
						1 1/4	150	
						1 1/2	150	
0.302	2	150						
TODOS LOS FLUIDOS	0.307							F
	0.503							G
	0.785							H
	1.287							J
	1.838							K
	2.853							L
	3.60							M
	4.34							N
	6.38							P
	11.05							Q
	16.0							R

El trabajo experimental y teórico que se a realizado sobre el dimensionamiento de venteos-para explosiones de gases han dado como resultado-una gran variedad de recomendaciones y métodos para la determinación de áreas de alivio, obteniéndose por lo general resultados diferentes con cada uno (ref. 13, 14, 15). Entre los trabajos más sobresalientes destaca el realizado por Donat (ref.-16).

Las ecuaciones teóricas, algunas de las cuales se aplican sobre un amplio rango de condiciones, requieren de constantes empíricas que raramente se conocen; por otro lado, las ecuaciones puramente empíricas se aplican sólo en el rango de condiciones experimentales estudiadas.

En este trabajo se presenta el método desarrollado por Singh (ref 17). Para determinar el área de venteo requerida en un recipiente, quien obtiene un conjunto de ecuaciones simples que se pueden aplicar a cualquier situación práctica mediante ajustes basados en la teoría del flujo sónico.

Las ecuaciones para el dimensionamiento de venteos para recipientes compactos y elongados ( $x < 30$ ) se muestran en la tabla 5.4 en donde:

$\bar{A}$  : Término de área, adimensional, la forma exacta de  $\bar{A}$  varía de acuerdo a la geometría del recipiente y punto de ignición.

$A_s$  : Area de superficie interna del recipiente,  $m^2$

$A_v$  : Area de venteo,  $m^2$ .

$A_{uo}$  : Velocidad sónica a las condiciones previas a la ignición  $m/seg.$



TIPO DE RECIPIENTE	ECUACION PARA DIMENSIONAR VENDEO	PUNTO DE IGNICION DENTRO DEL RECIPIENTE	DEFINICION DE $\bar{A}$	COMENTARIOS Y LIMITACIONES
COMPACTO ( $x \leq 3$ )	LIMITE SUPERIOR $\Delta P_m \leq 1: \Delta P_m = 12.32 (\bar{A}/\bar{S}_0)^{-2}$ (5.7) $\Delta P_m > 1: \Delta P_m = 2.40 (\bar{A}/\bar{S}_0)^{-0.7}$ (5.8)	CENTRAL O DESCONOCIDO	$C_d A_v / A_s$	$\Delta P_v \leq \Delta P_m$ DE PREFERENCIA: $\Delta P_v \leq 0.8 \Delta P_m$
	LIMITE INFERIOR $\Delta P_m \leq 1: \Delta P_m = 0.77 (\bar{A}/\bar{S}_0)^{-2}$ (5.9) $\Delta P_m > 1: \Delta P_m = 0.91 (\bar{A}/\bar{S}_0)^{-0.7}$ (5.10)	EN UN EXTREMO	$2 C_d A_v / A_s$	$\Delta P_v \leq \Delta P_m$ DE PREFERENCIA: $\Delta P_v \leq 0.4 \Delta P_m$
ELONGADO ( $6 < x < 30$ )	$\Delta P_m \leq 1: \Delta P_m = 12.32 (\bar{A}/\bar{S}_0)^{-2}$ (5.11) $\Delta P_m > 1: \Delta P_m = 2.40 (\bar{A}/\bar{S}_0)^{-0.7}$ (5.12)	CENTRAL O DESCONOCIDO  EN UN EXTREMO	$C_d A_v / A_x$  $C_d A_v / 2 A_x$	$\Delta P_v \leq 0.5 \Delta P_m$

TABLA No. 5.4.- Ecuaciones para dimensionamiento de venteos para recipientes compactos y elongados ( $x < 30$ ).

- Cd : Coeficiente de descarga = 0.6, adimensional.
- D : Diámetro del venteo, m.
- L : Separación entre venteos sucesivos en recipientes elongados, m.
- P : Presión, atm.
- Pm : Presión máxima en un recipiente venteado, - después de una explosión, atm.
- Po : Presión en el recipiente antes de que ocurra la ignición, atm.
- Pv : Presión a la cual abre el venteo, atm.
- $\Delta P_m$  :  $P_m - P_o$ , atm.
- $\Delta P_v$  :  $P_v - P_o$ , atm.
- $\bar{S}_o$  : Definido por la ecuación 5.15.
- Suo : Velocidad de quemado de la mezcla de gas inflamable a la presión  $P_o$  y temperatura  $T_{uo}$ , - m/seg.
- Tfo : Temperatura de flama adiabática de la mezcla de gas inflamable que se encontraba originalmente a presión  $P_o$  y temperatura  $T_{uo}$ , °K.
- Tuo : Temperatura de la mezcla de gas inflamable - antes de la ignición, °K.
- t : Tiempo, seg.
- t<sub>v</sub> : tiempo al cual abre el venteo, seg.
- $\alpha$  : Definida por la ecuación 5.13
- $\rho_{bo}$  : Densidad del gas quemado, kg/m<sup>3</sup>.
- $\rho_{uo}$  : Densidad del gas sin quemar, kg/m<sup>3</sup>.
- $\phi$  : Relación de equivalencia de la mezcla inflamable =

$$\left[ \frac{\text{Relación (combustible/aire) real}}{\text{Relación (combustible/aire) estequiométrica}} \right]$$

X = Relación de dimensiones máxima a mínima del recipiente, típicamente, longitud a diámetro (L/D)

Para obtener las ecuaciones mostradas en la tabla 5.4 se definió un parámetro que relacionara las características de la mezcla inflamable con las dimensiones del recipiente:

$$\alpha = (\bar{A}/\bar{S}_0) \quad (5.13)$$

donde  $\bar{A} = CdAv/As \quad (5.14)$

y  $\bar{S}_0 = \frac{S_{uo}}{A_{uo}} \times \left( \frac{\rho_{uo}}{\rho_{bo}} - 1 \right) \quad (5.15)$

Cd es el coeficiente de descarga, se obtiene empíricamente y representa la relación entre la velocidad de flujo real y teórica.

Al graficar los resultados experimentales como presión máxima ( $\Delta P_m$ ), en el recipiente en exceso de la presión antes de la ignición con  $\alpha$ , se obtiene un buen grado de ajuste (fig. 5.10).

El límite superior (o sea la presión más alta que se puede esperar para un valor de  $\alpha$ ) está definido de tal forma que encierre los datos que representan las condiciones donde la presión máxima dentro del recipiente  $P_m$ , iguala a la presión a la cual abre el venteo,  $P_v$ .

Este límite superior para la presión que se puede esperar después del venteo, basado en evidencia experimental, está dado por las ecuaciones (5.7) y (5.8).

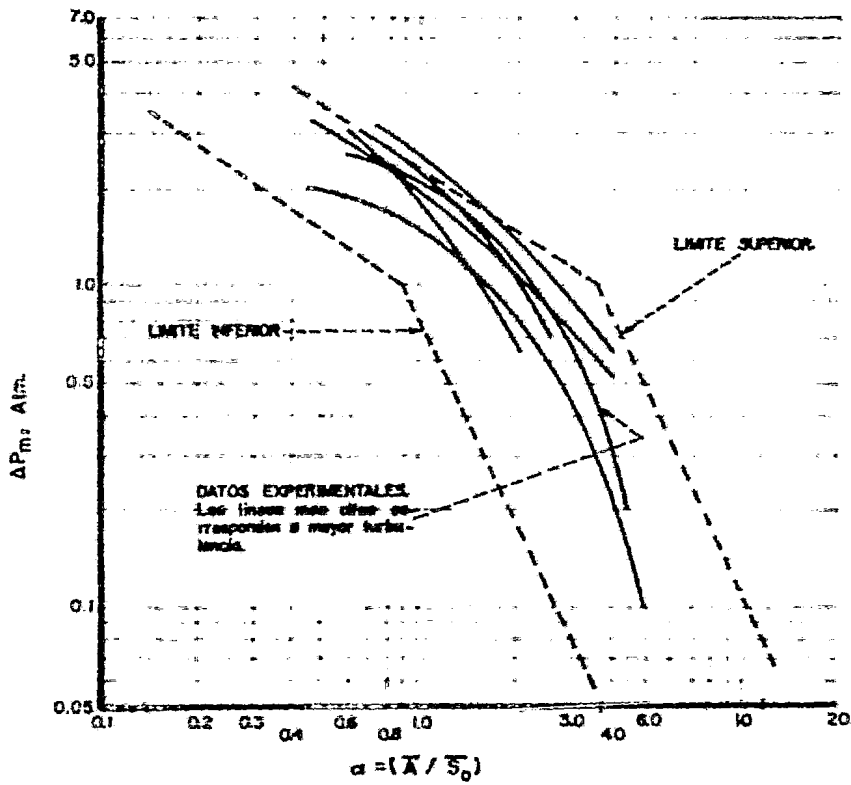


FIG. 5.10 LA TURBULENCIA CONSIDERA LA DISPERSION DE LOS DATOS EXPERIMENTALES. LOS LIMITES SUPERIOR E INFERIOR CUBREN ESTOS DATOS.

A  $\Delta P_m = 1$  atm existe una transición de flujo subsónico a flujo sónico.

Los venteos calculados de las ecuaciones (5.7) y (5.8) pueden ser muy grandes para ser incorporados a un recipiente (debido a que se ha tomado el límite de mayor seguridad), por lo que se pueden usar valores menores, si se consideran ciertas condiciones especiales. Este límite inferior está dado por las ecuaciones (5.9) y (5.10) y la condición física que limita su uso está dado por el punto de ignición dentro del recipiente. Si la ignición se ha iniciado en un punto central del recipiente o existen varios puntos de ignición, se deberá tomar el área de venteo mayor (o sea la que se obtiene por las ecuaciones 5.7 y 5.8). Si la fuente de ignición no puede ser localizada, se puede utilizar esta suposición ya que da el área de venteo más segura. Ocasionalmente se puede localizar el punto de ignición más probable y si está lejos del centro del recipiente reduce el área de venteo necesaria. La desviación más importante del punto de ignición central, es la localización del punto de ignición en un extremo del recipiente. El efecto de esta desviación en particular da la mitad en la velocidad de quemado dentro del recipiente y se considera al substituir la mitad del área de superficie del recipiente  $A_s$  al determinar el valor de  $\bar{A}$  para las ecuaciones (5.9) y (5.10). En cualquier caso en que se utilicen estas ecuaciones se deberá establecer claramente que no puede ocurrir ignición central.

Aunque la mayoría de recipientes que se encuentran en la industria corresponden a la descripción de compactos, existen algunos casos que requieren atención especial.

Los estudios realizados sobre explosiones de gases con ignición central en recipientes - elongados y compactos, revelan que una de las principales diferencias entre los dos casos es el tamaño y forma del frente de flama relacionado al recipiente. Para explosiones en recipientes compactos, la flama se desarrolla esféricamente y, pronto después de la ignición, el área de su frente se hace aproximadamente igual al área de superficie del recipiente. Para explosiones en un recipiente - elongado, el frente de flama se expande esféricamente durante las etapas iniciales, pero rápidamente alcanza las paredes del recipiente, y se separan en dos capas semiesféricas que viajan a lo largo del recipiente en direcciones opuestas.

De aquí, para recipientes elongados, el área de la zona de quemado se represente por el área de superficie de dos semiesferas, cuyo radio es igual al radio del recipiente elongado, es decir, el área es cuatro veces mayor que el área de sección transversal del recipiente elongado ( $4\pi r^2$ ).

Por lo tanto, las ecuaciones para recipientes compactos se pueden adaptar para explosiones causadas por ignición central en recipientes - elongados si se cambia  $4 A_x$  en lugar de  $A_s$  en el cálculo de  $\bar{A}$ . De cualquier forma, en este caso sólo se deberá usar las ecuaciones del límite superior.

Si se sabe que la fuente de ignición está en un extremo del recipiente en lugar de ser en el centro, el efecto será de la mitad en la velocidad de quemado (para recipientes compactos), ésta es una ventaja que se puede aprovechar usando  $2 A_x$  en lugar de  $A_s$  (en oposición de  $4 A_x$  que se usa para ignición central), para las ecuaciones (5.11) y (5.12).

Para ilustrar el uso de las ecuaciones -- mencionadas, se presenta el siguiente ejemplo:

Se tiene un recipiente de 5 ft de diámetro y 7 de longitud de tapas concavas, operando a 9 psig (1.61 atm) y que maneja una mezcla de 6.53% mol de etileno en aire. Se desea instalar un disco de ruptura que rompa a 15 psig (2.02 atm). Encontrar el diámetro del disco.

DATOS:

DIAMETRO DEL RECIPIENTE: 5 ft

LONGITUD DEL RECIPIENTE: 4 ft

$P_o = 9 \text{ psig} = 1.61 \text{ atm.}$

$P_v = 15 \text{ psig} = 2.02 \text{ atm.}$

SOLUCION:

$x = \frac{7}{5} = 1.4$  POR LO QUE CORRESPONDE A UN-  
RECIPIENTE COMPACTO.

CONSIDERANDO  $P_m = 100 \text{ psig} = 7.08 \text{ atm}$

$\Delta P_M = 7.08 - 1.61 = 6.19 \text{ atm.}$

POR LO QUE SE USARA LA ECUACION (5.8) --  
CONSIDERANDO UN PUNTO DE IGNICION DESCO-  
NOCIDO:

$$\Delta P_M = 2.40 (\bar{A}/\bar{S}_o)^{-0.7}$$

donde  $\bar{A} = C_d A_v/A_s$

$$C_d = 0.6$$

$A_s = \text{Area parte recta} + \text{Area de tapas}$

$$A_s = \pi D L + \frac{(\pi D^2)}{2}$$

$$A_s = 188.5 \text{ ft}^2 = 17.51 \text{ m}^2$$

$$\bar{A} = \frac{0.6 A_v}{17.51}$$

$$\bar{S}_o = 1.4 \times 10^{-2} \quad (\text{ver tabla 5.5})$$

Substituyendo valores en ec. 5.8

$$0.19 = 2.4 \left( \frac{0.6 A_v}{17.51 \times 1.4 \times 10^{-2}} \right)^{-0.7}$$

$$A_v = 0.1055 \text{ m}^2 = 163.5 \text{ in}^2$$

$$D = 0.37 \text{ m} = 14.42 \text{ in}$$

Por lo tanto, el disco de ruptura deberá ser de 14 1/2 in de diámetro o mayor.

Debido a que se pueden encontrar problemas para obtener los datos necesarios para calcular  $\bar{S}_o$  para una mezcla dada de combustible/aire o combustible oxígeno, se deberá considerar que los valores de  $(\rho_{uo}/\rho_{bo})$  están entre 7.5 y 8.5 para la mayoría de las mezclas combustible/aire que tienen composiciones cercanas a la relación estequiométrica. En general, se puede estimar esta relación de:

$$\frac{\rho_{uo}}{\rho_{bo}} \approx \frac{T_{fo}}{T_{uo}} \quad (5.13)$$

Los valores de  $T_{fo}$  para mezclas inicialmente a condiciones atmosféricas están dadas por Lewis y Von Elbe (ref. 19). Los valores de velocidad de quemado,  $S_{uo}$ , están en el rango de 40 - 100 cm/seg., para mezclas estequiométricas de hidrocarburos saturados en aire a condiciones atmosféricas. Para mezclas similares de acetileno o hidrógeno en aire los valores correspondientes son de 150 cm/seg. y 250 cm/seg., respectivamente. La sustitu-



GAS	% MOL EN AIRE	$\phi$ *	$\bar{S}_0$
CH <sub>4</sub>	9.48	1.0	$8.5 \times 10^{-3}$
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	7.75	1.0	$3.2 \times 10^{-2}$
	9.17	1.2	$3.7 \times 10^{-2}$
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	6.53	1.0	$1.4 \times 10^{-2}$
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	4.02	1.0	$9.6 \times 10^{-2}$
	5.0	1.26	$9.2 \times 10^{-3}$
	6.0	1.52	$3.0 \times 10^{-3}$
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2.55	1.0	$9.0 \times 10^{-3}$
	3.5	1.39	$6.3 \times 10^{-3}$
H <sub>2</sub>	29.5	1.0	$4.4 \times 10^{-2}$
	40.0	1.6	$5.3 \times 10^{-2}$

$$\phi = \frac{\text{relación (combustible/aire) real en volumen}}{\text{relación (combustible/aire) estequiométrica en vol}}$$

Tabla 5.5 Valores típicos de  $\bar{S}_0$  para mezclas en reposo originalmente a presión y temperatura estándar. (Datos tomados de Bradley y Hitcheson [ref. 16]).

ción de oxígeno en lugar de aire siempre causa un aumento substancial en  $S_{uo}$ ; una temperatura inicial mayor también causa un incremento marcado en  $S_{uo}$ ; el efecto de la presión es relativamente menor. Si la mezcla combustible/aire estaba en un estado de turbulencia antes de la ignición, los valores de la velocidad de quemado se deberán aumentar en factores de hasta 4 veces.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- BS & B Safety Systems inc. Catalog 77-3001 Composite rupture disks type D.
- 2.- Rupture disks for gases and liquids. Ganapathy V. Chem. Eng., Oct. 25, p. 152 (1976).
- 3.- Rupture disks for low-burst pressures. Zook, R. J. Chem. Eng., Marz. 1, p. 131, (1976).
- 4.- Applied process design for chemical and petrochemical plants. Ludwig, E.E., Gulf publishing company, (1964), Houston, Tex.
- 5.- How to design pressure relief systems. Part. I Devices, codes and causes of over-pressure. - Rearichk, J. Hydr. proc., Aug p. 104 (1969).
- 6.- Pressure relieving devices, Anderson, F.E. - Chem. Eng. May 24, p. 128, (1976).
- 7.- New relief valve gas equations. Wissmiller, L. Hydr. proc. May, p. 123 (1970).
- 8.- Pressure-relief systems. Isaacs, M., Chem. Eng Feb. 22, p. 113, (1971).
- 9.- Pressure-relief valves for process plants, - Kern, R., Chem. Eng., Feb. 28, p. 187, (1977).
- 10.- Rapid Sizing of vessel nozzles for Safety valve service. Willis, R.P., Chem. Eng., Jun. 6, - p. 200, (1977).

- 11.- American Society of Mechanical Engineers -- (ASME). Boiler and pressure vessel code, sec. VIII, unfired pressure vessels, (1956).
- 12.- Farris Eng. Corp. Safety-relief valves Catalog No. FE-510 (1962).
- 13.- Explosion pressure relief. Bartknecht, W. - Chem. eng. prog. Sep. p. 45 (1977).
- 14.- The calculations of dust explosion vents. Gibson, N. y F.P. Harris, Chem. eng. prog. Nov.- p. 62 (1976).
- 15.- Relief Venting of dust explosions. Palmer, K. N., Chem. eng. progr. 70, 4, 57-61, (1974).
- 16.- Explosión pressure relief with bursting discs and explosion hatches. Donat, C., 2nd international symposium on prevention of occupational risks in the chemical industry, Frankfurt W. Germany, (1973).
- 17.- Sizing vents for gas explosions. Singh, J. - Chem eng., Sept. 24, p. 103, (1979).
- 18.- The Venting of gaseous explosions in spherical vessels. Bradley, D. & A. Mitcheson, part. I- and. II, combustion and Flame, vol. 32, No.3- July (1978).
- 19.- Combustion Flames and explosion of gases. Lewis B. & G. Von Elbe, 2nd., Academic Press, - (1961), New York, N.Y.

CAPITULO VI.- DISPOSITIVOS DE PROTECCION PARA EQUIPO  
ELECTRICO.

## 6.1.- CLASIFICACION Y LIMITACIONES DE LAS AREAS PELIGROSAS.

Los equipos tales como interruptores, -- desconectores, arrancadores, estaciones de botones y toma corrientes pueden producir arcos o chispas cuando se abren o cierran contactos.

Un poco menos peligrosos son los equipos que generan calor, tal como motores y dispositivos de iluminación. Pero aún las temperaturas de la su perficie de estos pueden exceder la temperatura de auto-ignición de algunas atmósferas inflamables. - Muchas de las partes de un sistema eléctrico, alambrado (especialmente en uniones), transformadores, bobinas, solenoides y otros equipos de baja temperatura sin contactores, pueden convertirse en fuentes de ignición cuando falla el aislamiento.

Por lo que, para evitar que las instalaciones eléctricas se conviertan en fuentes mayores de ignición, en áreas donde pueda existir concen - traciones explosivas de gases, vapores o polvos, - existen reglamentaciones especiales como el Artículo No. 500 del National Electrical Code (NEC)(ref. 1), que tratan sobre equipo eléctrico en áreas pe - ligrosas.

El Código ha sido adoptado ampliamente -- en la industria del plástico, así como por compa - ñías de Seguros, y en general por la Industria Quí mica del País.

El artículo 500 define tres clases de - áreas peligrosas:

CLASE 1.- Para lugares donde la presencia de ga - ses inflamables la hacen peligrosa.

CLASE II.- Donde están presentes polvos combustibles.

CLASE III.- Donde existen fibras inflamables o volátiles (esta clase es de poco interés para la industria del plástico).

#### 0.1.1. AREAS DE CLASE I.

En esta clasificación las propiedades más importantes de los materiales que se manejan son: (1) la densidad de vapor (2) el límite inferior de Explosividad, (3) volatilidad, (4) punto "flash", (5) temperatura de autoignición y (6) energía de ignición. Teóricamente, un líquido inflamable no es tan peligroso como un gas inflamable, ya que cuando un líquido se derrama, el área se convierte en peligrosa hasta que se ha evaporado suficiente cantidad del líquido y sus vapores alcanzan el límite inferior de explosividad. En cambio cuando se libera el gas inflamable el área se vuelve peligrosa inmediatamente. Mientras más volátil sea un líquido y más bajo su punto flash, más se aproxima al comportamiento de gas inflamable.

Las áreas clase I están separadas en dos divisiones, con la primera de ellas cubriendo áreas más peligrosas que la segunda:

#### CLASE I, DIVISION I

Se catalogan en esta división las áreas: (1) donde existen concentraciones peligrosas de gases y vapores inflamables continua, intermitente o periódicamente bajo condiciones normales de operación o mantenimiento; (2) donde la descompostura o mal funcionamiento del equipo de proceso podría-

liberar concentraciones explosivas de material combustible y simultáneamente provocar la falla del equipo eléctrico.

#### CLASE 1. DIVISION 2.

Se agrupan en esta división las áreas: -- (1) adyacentes a las localidades clase 1, División 1, y que pudieran ocasionalmente ser alcanzadas por concentraciones peligrosas; (2) donde líquidos y gases inflamables se manejan, procesan o usan pero que sus concentraciones normalmente no son peligrosas ya que los líquidos o gases están en sistemas cerrados y (3) donde las concentraciones peligrosas normalmente se previenen aplicando ventilación positiva.

Estas áreas se convierten en peligrosas únicamente cuando los recipientes o tuberías se rompen accidentalmente o cuando los sistemas de ventilación fallan.

#### EXTENSION DE AREAS CLASE 1.

A pesar de que las áreas División 1 y 2 pueden ser rápidamente identificadas de las definiciones del Código, el establecer hasta que distancia dichas áreas se deben extender de los puntos de emanación de gases y vapores es mucho más difícil. La amplitud del área se influencia por los límites de explosividad y la densidad de vapor del gas en cuestión, la cantidad de gas o vapor emanada, el tipo de ventilación existente y la dificultad para una circulación adecuada del aire.

El American Petroleum Institute ha preparado la norma API - RP500 A para Refinerías de



Petróleo, con el título "API - Recommended Practice for classification of Areas for Electrical installations in Petroleum Refineries" (ref. 2), en las cuales clasifica el área de acuerdo a su distancia de la fuente de peligro. Los estándares del NFPA - números 30, 33, 36, 50, 58 y 59 (ref. 3), relacionados con la Industria Química también proporcionan información sobre la extensión de las áreas peligrosas. Sin embargo como las guías se basan en condiciones "promedio", estas deben ser usadas con criterio y se deberán ajustar a las condiciones particulares existentes en cada Planta.

Las figuras 0.1, 0.2 y 0.3, muestran la manera como pueden clasificarse diversas áreas de acuerdo a su distancia al foco de emisión tal como lo aplica la API. Esto facilita la decisión para clasificar el área de una Planta como División 1, División 2, o como no peligrosa.

#### 6.1.2.- AREAS CLASE II.

Las Areas clase II, comprenden tres grupos de polvos combustibles; nuevamente, esta clase se separa en dos divisiones de manera similar a la clase I:

##### CLASE II, DIVISION 1.

Define las Areas en donde: (1) concentraciones explosivas de polvos se encuentran suspendidas en el aire continúa, intermitente o periódicamente bajo condiciones normales de operación; (2) - donde operación anormal del equipo o maquinaria - pueden causar concentraciones explosivas de polvos y una fuente de ignición simultáneamente y (3) -

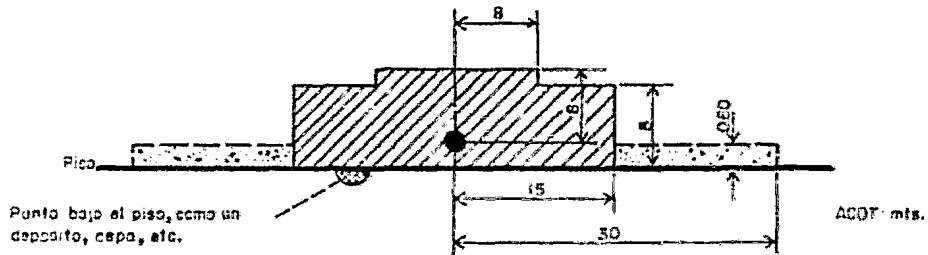


FIG 6-1 AREA DE PROCESO LIBREMENTE VENTILADA (ORIGEN DEL PELIGRO CERCA DEL PISO)

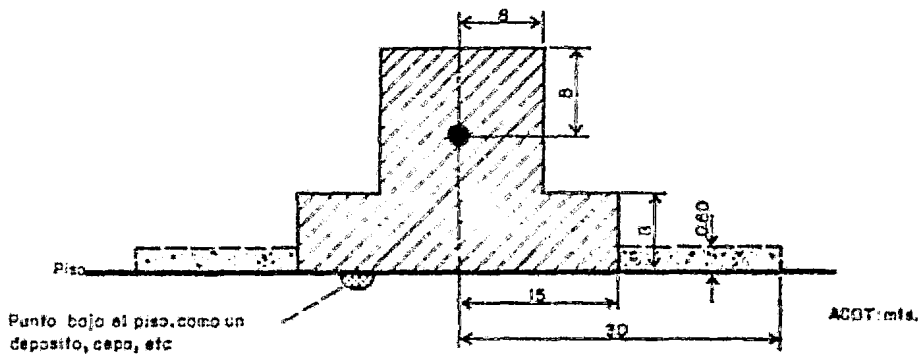


FIG 6-2 (ORIGEN DEL PELIGRO LOCALIZADA ARRIBA DEL PISO)

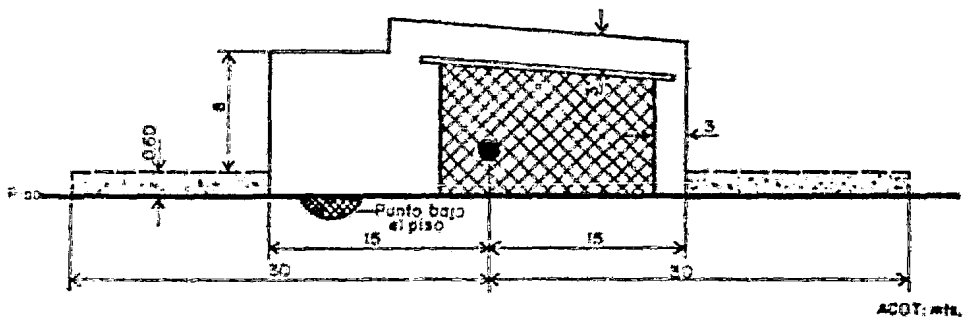


FIG 6-3 AREA DE PROCESO CON VENTILACION RESTRINGIDA



Division 1



Division 2

Area adicional de la div 2 cuando hay un escape grande de volátiles

● Fuente de peligro

aquellas donde polvos eléctricamente conductivos - pueden estar presentes.

## CLASE II, DIVISION 2.

Define las Areas en donde polvos combustibles no estarán normalmente suspendidos en el - aire, pero los depósitos de polvo pueden interfe - rir con una disipación segura del calor generado - por el equipo eléctrico y donde estos depósitos - puedan incendiarse por arcos, chispas eléctricas y por material encendido.

Extensión de Areas clase II: el propor - cionar ventilación no convierte un área II, Divi - sión I en una clase II, División 2. Es necesario - que equipo colector de polvo o de control de emi - siones sea instalado en el foco para evitar que el polvo se suspenda en el aire.

Una área División I, se extiende desde - la posible fuente de emisión hasta una pared o pun - to en el cual no exista una visible suspensión de - nubes de polvo bajo condiciones normales de Opera - ción.

Una área división 2 se extiende desde - fuera de una área división I o la fuente de emi - sión, hasta una pared o punto a partir del cual ya no exista una acumulación apreciable de polvo.

Debido a las diferencias en las caracte - rísticas de los gases, vapores y polvos, el NEC ha agrupado los productos químicos y polvos de acuer - do a las características de sus atmósferas.

En la clase I, tal como se muestran en - la Tabla 0.1, quedan los grupos A, B, C y D, mien - tras que los grupos E, F y G quedan comprendidos - en la clase II, como se muestra en la Tabla 0.2.

TABLA 6.1

CLASIFICACION DE ATMOSFERAS PELIGROSAS POR PRODUCTO  
QUINTCO

MATERIAL <sup>4</sup>	TEMPERATURA MINIMA DE IGNICION °C (°F)	PRESION MAXIMA DE EXPLOSION PSIG
ATMOSFERAS GRUPO A		
Acetileno	299 (571)	1,140
ATMOSFERAS GRUPO B		
Oxidacion <sup>1</sup>	420 (788)	260
Hidrogeno	400 (752)	845
Oxido de Etileno <sup>2</sup>	429 (804)	1,000
Oxido de propileno <sup>2</sup>	449 (840)	280
ATMOSFERAS GRUPO C		
Acetileno	175 (347)	164
Acetileno	500 (932)	-
Dicloro-eteno	160 (320)	200
Etileno	490 (914)	180
Isopreno	220 (428)	153
ATMOSFERAS GRUPO D		
Acetato de Vinilo	427 (800)	128
Acetona	465 (869)	-
Acetonitrilo	481 (898)	160
Amoníaco	651 (1,204)	56
Benceno	560 (1,040)	-
Butano	405 (761)	145
n-Butil acetato	425 (797)	-
Cloruro de Vinilo	472 (882)	165
Dicloruro de Etileno	413 (775)	109
Etanol	365 (689)	-
Etilacetato	427 (800)	-
Estireno	490 (914)	133
Gasolina	280 (536) <sup>3</sup>	160
n-Heptano	215 (419)	-
n-Hexano	225 (437)	-
Metano	539 (1,004)	-
Metanol	385 (725)	-
Metil etil cetona	516 (960)	-
Propano	450 (842)	148
Propileno	460 (860)	150
Tolueno	480 (896)	128
Xileno	465 (869)	128

## NOTAS

- 1.- El equipo para Grupo D se puede emplear en esta atmosfera, siempre y cuando se encuentre aislado de acuerdo con la seccion 501-5(al) del Código, por medio de sellos en todos los conductos de 1/2 de pulg. y mayores.
- 2.- Equipo para Grupo C puede usarse bajo las mismas bases que la nota anterior.
- 3.- La temperatura de ignición es para gasolina de 50-60 octanos. Las gasolinas de mayor octanaje tendrán mas alta temperatura de ignición.
- 4.- Se presentan únicamente algunos de los materiales más comunes en la industria. El interesado deberá recurrir a la edición mas reciente del "National Electrical Code" para ampliar información.

TABLA 6.2  
PROPIEDADES DE ALGUNOS POLVOS  
EXPLOSIVOS DE ATMOSFERAS E, F y G.

<u>MATERIAL</u>	<u>TEMPERATURA DE</u> <u>IGNICION °C</u>		<u>CONCENTRACION MINIMA</u> <u>EXPLOSIVA,</u> <u>oz /100 gr.</u>	<u>PRESION MINIMA</u> <u>DE EXPLOSION,</u> <u>PSIG.</u>	<u>VELOCIDAD MAXIMA</u> <u>DE ELEVACION DE</u> <u>PRESION, PSI/SEG.</u>
	<u>NOBE</u>	<u>CAPA</u>			
POLVO DE MAIZ	400	--	45	106	7,500
CARBON (BITUMINOSO)	610	180	50	101	4,000
ASUFRE	190	220	35	78	4,700
ACIDO BENZOICO	620	FUNDE	30	76	5,500
ALUMINIO (FINOS)	650	760	45	84	20,000
MAGNESIO	560	430	30	116	15,000
TITANIO	330	510	45	70	6,000
POLIETILENO (ALTA PRESION)	450	380	20	81	4,000
POLIURETANO (RETARDANTE A LA FLAMA)	550	390	25	96	3,700
HULE (CRUDO)	350	--	25	80	3,800
METIL METACRILATO (POLIMERO).	480	--	30	84	2,000

Esta clasificación ha permitido tanto el NEC como al "Underwriters Laboratories" autorizar los equipos eléctricos específicamente para cada clasificación y para cada atmósfera, ya que el equipo que es satisfactorio para una atmósfera, no necesariamente lo es para todas las atmósferas.

## 6.2.- EQUIPOS PARA AREAS PELIGROSAS.

Debido a que un equipo eléctrico ordinario puede causar explosiones en áreas donde se encuentren presentes líquidos, gases o polvos inflamables, se ha hecho necesario utilizar en tales áreas equipos apropiados para estos peligros: A prueba de explosión (para gases y vapores), a prueba de ignición (de polvos), a prueba de chispa (para áreas ventiladas), a presión positiva con purga, e intrínsecamente seguros. Cada tipo posee ventajas y desventajas, pero uno sólo no cubre todas las situaciones.

Los blindajes a prueba de explosión en equipos eléctricos están diseñados para evitar la ignición de gases o vapores explosivos que lo envuelven, confinando las explosiones internas en el equipo, para evitar que se inicie una explosión mayor externa.

Un requisito para tales blindajes es la resistencia mecánica adecuada, esto es, deberá soportar una presión hidrostática de 4 veces la máxima presión de explosión que desarrolle el gas o vapor en cuestión, dentro del blindaje sin sufrir ruptura o daño alguno.

Además de ser fuerte, el blindaje debe ser "a prueba de flama", este término no implica

que debe quedar herméticamente sellado sino que - las uniones bridadas o roscadas deberán ser lo suficiente - mente cerradas y largas para enfriar los gases calientes de una explosión interna, de tal - manera que cuando llegan a la atmósfera peligrosa - externa están demasiado fríos para inflamarla - (fig. 6.4). Además, la masa del blindaje deberá - ser tal, que su superficie externa se mantenga lo - suficientemente fría para no inflamar la atmósfera que lo rodea.

Los equipos a prueba de ignición de polvos están diseñados de tal manera que impidan la - entrada de cantidades peligrosas de polvos al inte - rior del equipo y que los arcos, chispas o calor - generado dentro del blindaje no puedan incendiar - acumulaciones externas de polvo o suspensiones at - mosféricas. En otras palabras el blindaje deberá - minimizar acumulaciones o entrada de polvo y preve - nir la fuga de chispas o material caliente o encen - dido. Además este equipo deberá funcionar a plena - carga sin desarrollar altas temperaturas en su su - perficie que pudiera causar excesiva deshidrata - ción o carbonización gradual y una eventual igni - ción espontánea de la carga de polvo.

Los sistemas a presión permiten la opera - ción segura de equipos eléctricos en el procesa - miento de Plásticos; bajo condiciones de peligrosi - dad clases I y II División I para las cuales no - hay disponible comercialmente equipo adecuado. La - NFPA en su boletín No. 490 maneja 3 tipos de blind - dajes; los pequeños, para instrumentos, , los blind - dajes grandes para motores u otros equipos de po - tencia y los blindajes de habitación tal como en - los cuartos de control.

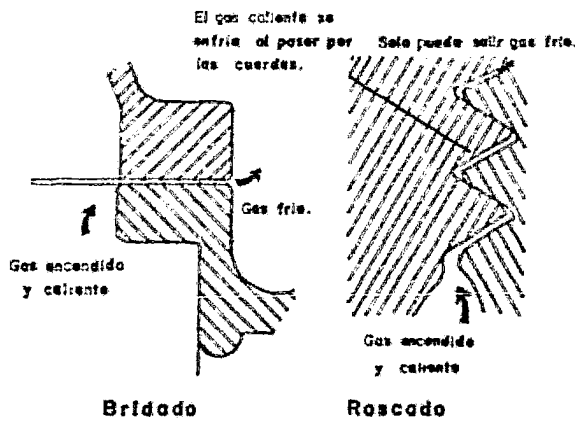
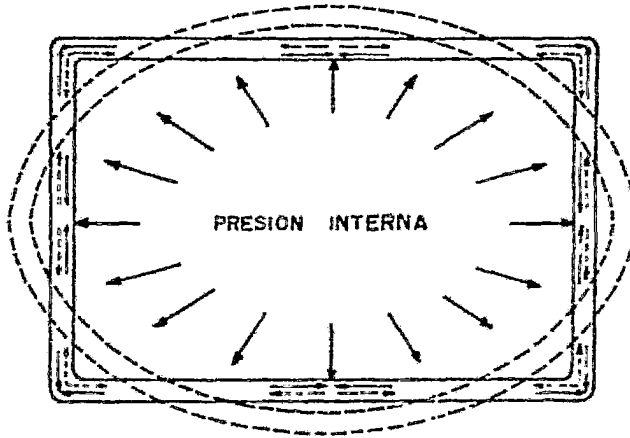


FIG 6-4 BLINDAJES A PRUEBA DE EXPLOSION



La purga se define como la adición de - aire o gas inerte dentro de un blindaje alrede - dor de equipo eléctrico, a una presión y flujo su - ficiente para reducir la concentración inicial de - gases o vapores peligrosos hasta un nivel seguro y mantener este nivel por medio de presión positiva - con o sin flujo continuo.

Existen tres tipos de purga:

- Purga tipo X; comprende los requisitos necesarios para reducir la clasifica - ción del área dentro de un blindaje de la División 1 (de peligrosa o no peli - grosa) y se está utilizando equipo - eléctrico común con contactos de chis - pa.
- Purga tipo Y; comprende los requisitos para cambiar el área dentro de un blin - daje de la División 1 (peligrosa) a la División 2 (normalmente no peligrosa) - usando equipo para esta última.
- Purga tipo Z; comprende los requisitos para reducir la clasificación del área de la División 2, a no peligrosa.

Debido a que la pérdida de purga en un - blindaje Tipo X genera una condición peligrosa, la potencia al equipo de proceso se deberá cortar de - inmediato, automáticamente, cuando falla el flujo - del gas de purga. En la fig. 0.5 se muestra el di - seño de un sistema de purga a presión positiva.

Seguridad Intrínseca implica la fabrica - ción de equipo eléctrico seguro para áreas peligro

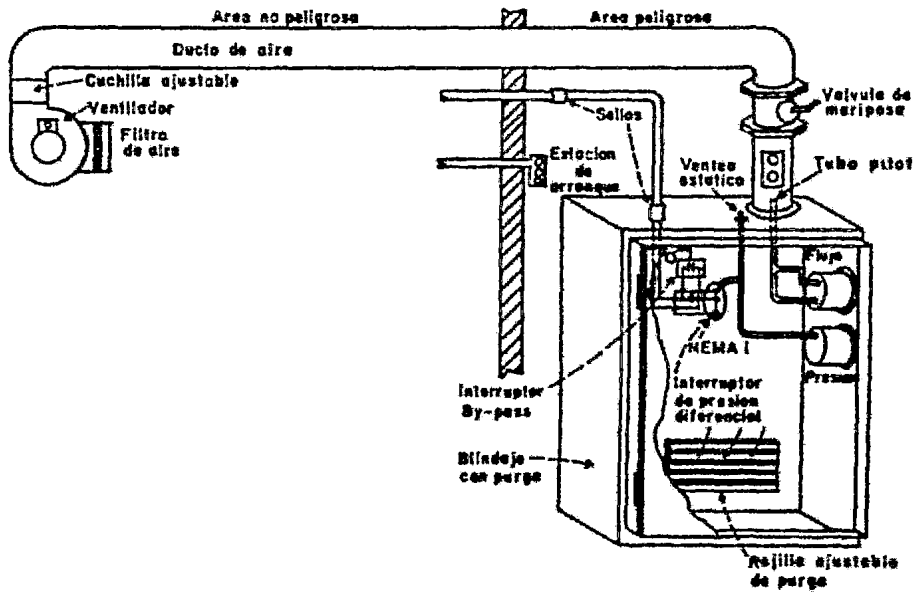


FIG 6-5 DISEÑO TIPICO DE UN SISTEMA A PRESION POSITIVA

sas mediante la limitación de la energía de suministro a niveles demasiado bajos para que puedan generar chispas calientes o calentar una superficie lo suficiente para incendiar el gas, vapor o polvo en cuestión.

EL NEC solicita que el nivel de energía sea seguro cuando el equipo opera normalmente y cuando exista alguna descompostura, incluyendo corto-circuitos falso contacto o tierra del conector.

Es aquí donde radica la ventaja del equipo intrinsecamente seguro, ya que un accidente relacionado con el alambrado no podrá causar una explosión, no es necesario que los alambres se instalen en conduits con accesorios a prueba de explosión. El equipo es a prueba de falla; no se vuelve peligroso a pesar del deterioro o desgaste normal. Tampoco es dependiente de la integridad del blindaje, éste simplemente lo protege del medio ambiente.

Sin embargo ahí también radica su desventaja. Su baja energía limita su uso a dispositivos de baja potencia no puede operar grandes motores o alumbrados generales. Sin embargo pueden ser usados en circuitos de control remoto para equipos ordinarios; y en dispositivos electrónicos de baja potencia para transmitir información.

La instrumentación de Control de Proceso es el principal campo de aplicación para la seguridad intrínseca. Una instalación típica consiste de una gran cantidad de indicadores, registradores y controladores instalados en un Tablero, en algún cuarto de control, que también es la fuente de poder para sensores y activadores montados en campo.

Los circuitos que conectan el equipo montado en campo opera de 4 a 20 miliamperes o de 10- a 15 miliamperes. Estos niveles de señal, pueden - no ser necesariamente seguros; ya que los voltajes y corrientes exactos que son intrinsecamente seguros aún no están determinados. Se sabe con certeza que la energía desarrollada por un termopar es segura y que un circuito ordinario de 120 v., 15 amp. no lo es; la mayoría de las veces no es importante que tan bajo sea el nivel de energía sino que, nunca llegue a ser peligrosamente alto.

Todos los dispositivos auxiliares, registradores y controladores son permitidos para localidades División 2; únicamente los dispositivos - montados en campo (sensores, transmisores, actuadores y sus cables), son intrínsecamente seguros para áreas División 1.

#### 6.2.1.- TABLEROS Y CONTROLES INDUSTRIALES.

Aún cuando los fabricantes no ofrecen - tableros completos adecuados para usarse en áreas - peligrosas los componentes individuales de dichos - tableros si pueden obtenerse sin dificultad en diseños a prueba de explosión. En la práctica las - instalaciones de distribución (Interruptores principales, transformadores e interruptores prima- - rios) se localizan frecuentemente junto a las - - áreas peligrosas más que dentro de ellas.

Cuando lo anterior es imposible, el -- equipo en cajas para usos generales puede usarse - a veces si se tiene tablero o cuarto de control - purgado o ventilado por medio de aire tomado fuera del área peligrosa.

En equipo industrial de control los -- "Underwriters Laboratories" han incluido y aprobado aparatos especiales sumergidos en aceite, para usarse en las áreas de clase I, División 1. Este equipo tiene todas las partes de arqueo sumergidas bajo 15 cm., de aceite y llena otros requisitos especiales de construcción. En las áreas clase I División 2, se aceptan controles sumergidos en aceite. En estos tipos "químicos" de controles, el nivel de aceite es normalmente de 5 cm., sobre las partes de arqueo.

Estos controles se usan muy ampliamente, donde son permitidos, pero al igual que con el -- equipo de distribución, muchas fábricas tratan de instalar tanto de este equipo como sea posible fuera de las áreas peligrosas de tal manera que sólo unos cuantos aparatos tengan que ser a prueba de explosión.

Equipo de bajo voltaje (menos de 600 - volts) existe para prácticamente todas las aplicaciones en áreas clase I y II. Las estaciones de -- botones y luces piloto así como selectores deberán usarse con arrancadores magnéticos.

Las estaciones de control en áreas clase I División 2 deberán ser a prueba de explosión, ya que producen arqueo.

Desde hace muchos años existen blindajes para arrancadores de todos tipos, a continuación -- se mencionan los diferentes tipos de Cajas o blindajes y sus aplicaciones según las normas de la -- NEMA (NATIONAL ELECTRIC MANUFACTURERS ASSOCIATION), y en la fig. 6.0 se pueden ver las características de cada uno de ellos.

- Tipo 1 De Propósito General. Adecuada para servicio en interior con condiciones normales - del medio ambiente. Evitan el contacto accidental con el aparato que encierran.
- Tipo 2 A prueba de Goteo. Evitan el contacto accidental con el aparato que encierran y la entrada al mismo de gotas de agua y polvo.
- Tipo 3 A prueba de Agentes Exteriores. Protegen - contra eventualidades del tiempo. Indicada para el uso a la intemperie.
- Tipo 3R A prueba de lluvia. Evita que penetre a su interior lluvia intensa. Indicada para uso general a la intemperie, donde no se requiere protección contra ventiscas.
- Tipo 4 A Prueba de agua. Evita la entrada de agua cuando ésta es aplicada en forma de chorro con manguera. Indicada en dichas aplicaciones durante maniobras de limpieza.
- Tipo 5 A Prueba de Polvo. Evita que el polvo entre en su interior.
- Tipo 6 Sumergible. Permite usar satisfactoriamente aparatos sumergidos en el agua, bajo condiciones especificadas de presión y tiempo.
- Tipo 7 A prueba de Gases Explosivos. Lugares Peligrosos, Clase I, Grupos A, B y C. Diseñados para satisfacer los requerimientos con atmósferas explosivas, clase I. La Interrupción se hace en aire.
- Tipo 8 Igual que la Anterior. Diseñado para el mismo fin que el anterior, excepto que la interrupción se hace en aceite.

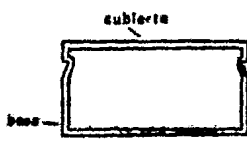
- Tipo 9 A Prueba de Polvos Explosivos. Clase Grupos E, F y G. Diseñada para satisfacer los requerimientos, en lugares con presencia de polvos combustibles que origine mezclas explosivas.
- Tipo 10 Para Uso en Minas. Adecuadas para usarse en minas de carbón.
- Tipo 11 En baño de Aceite. Resistente a Acidos y Vapores. Lugares donde el equipo está sujeto a la acción de ácidos o vapores corrosivos.
- Tipo 12 Uso Industrial. Diseñada para uso industrial, a prueba de polvo, suciedad, aceite y lubricantes enfriadores.

#### 6.2.2.- UNIDADES DE ALUMBRADO.

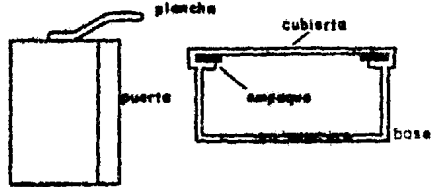
Probablemente el cambio más significativo en la iluminación ha sido el desarrollo de las lámparas de alta intensidad, en tipos como vapor de mercurio, de metal halógeno y sodio de alta presión. Algunas de estas lámparas tienen ahora una vida de 24 000 hr y dan 120 a 130 Lumenes/watt.

Muchas áreas de proceso requieren alumbrado localizado, si estas áreas son clase 1 división 1, generalmente se usan lámparas a prueba de explosión. En áreas División 2 que no sean de proceso las lámparas generalmente aceptadas son las llamadas a prueba de vapor. También conocidas como candiles Industriales cerrados, con empaque.

Los "Underwriters' Laboratories" han establecido temperaturas límites para los distintos grupos de gases y vapores que se encuentran en la tabla 6.1. Al diseñar lámparas para la clase 1, División 1, Grupo C. La temperatura externa de la -



TIPO 1 La cubierta esta sobrepuesta a la base

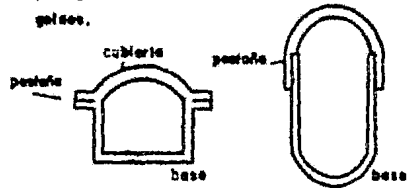


TIPO 2 La plancha protege contra golpes.

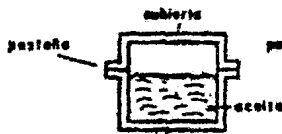
TIPO 3 La tapa lleva en su parte inferior el empaque



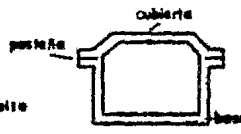
TIPO 4 El empaque es mas considerable que en el tipo 3



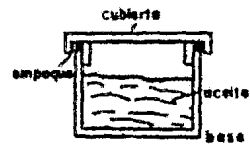
TIPO TA, B, C y D



TIPO 8 Similar al 7 solo que en acorte.



TIPO 9E, F y 8. Similar al tipo 7



TIPO 11 El tanque contiene aceite y la cubierta empaque.



TIPO 12 Tiene un empaque resistente entre la base y la tapa.

FIG. 5-6 CARACTERISTICAS DE ALGUNAS DE LAS ENVOLVENTES MAS UTILIZADAS.



cubierta no debe exceder  $150^{\circ}\text{C}$ ; para clase I, División 1, Grupos B y D el límite es  $280^{\circ}\text{C}$ .

Un requisito especial de diseño de los UL para lámparas de alumbrado en todos los locales Clase I, División 1, es que la cámara de explosión de la lámpara debe estar separada o aislada del compartimiento de la lámpara.

Cuando se usan lámparas que son a prueba de explosión, tales como los tipo cerrado y empacado, en locales Clase I, División 2, el NEC exige que las temperaturas de operación del candil no excedan el 80% de la temperatura de ignición del vapor o polvo inflamable en cuestión. Hasta ahora la información sobre las temperaturas de operación deben obtenerse del fabricante.

Las temperaturas máximas de seguridad establecidas por UL para los tres grupos de polvos Clase II, son las siguientes: GRUPOS E y F,  $200^{\circ}\text{C}$ , Grupo G,  $105^{\circ}\text{C}$ .

### 6.2.3.- MOTORES Y GENERADORES.

Debido a la necesidad de motores eléctricos para mover bombas, compresores, ventiladores, sopladores, transportadores, etc., su presencia en atmósferas peligrosas es frecuentemente inevitable.

Los motores que se utilicen en locales clase I, División 1, pueden ser de tres tipos: (1) a prueba de explosión, (2) Totalmente cerrados con ventilación forzada (contando con un dispositivo que impide su energización si no se la purgado antes con 10 volúmenes de aire) y (3) totalmente cerrado inundado con gas inerte a presión positiva.

Los dos últimos tipos deberán parar a falla de Presión y no operarán si la témperatura de la superficie externa rebasa el 80% de la Temperatura de Ignición del gas o vapor en cuestión.

El segundo y tercer tipo son los únicos disponibles para locales clase I, Grupos A y B o - en aplicaciones de alto caballaje.

Para locales Clase I, División 2 se pueden usar motores sin escobillas y sin mecanismos - de desconexión (tales como los polifasicos de in--ducción, jaula de ardilla) en armazones que no - sean a prueba de explosión.

Deberán sin embargo ser a prueba de ex - plosión motores en los cuales se empleen contactos deslizantes, mecanismos de conexión o desconexión - o resistencias integrales.

Los motores que se usen en áreas Clase I, ya sea División 1 o División 2, no deben producir - chispas ni mecánicamente. Por ejemplo, cuando se - use un motor enfriado por ventilador, éste debe - ser de un material que no produzca chispa tal como el aluminio o el bronce.

Para áreas clase II, División 1, los mo - tores deberán ser a prueba de polvos, o totalmente cerrados con ventilación forzada. En áreas Clase - II, División 2, se puede utilizar el mismo equipo, sin embargo, si la acumulación de polvo es mínima - se podrá usar un motor estándar o abierto pero sin elementos que arquean o producen chispas o un mo - tor tipo jaula de ardilla.

#### 6.2.4.- CLAVIJAS Y RECEPTACULOS.

Estos existen en el mercado en tamaños - hasta 600 v, C.A. y 200 amp. Los amperajes más co-

munes son de 20 a 30; con estos se puede manejar--prácticamente todos los equipos de mantenimiento.- En la mayoría de los dispositivos a prueba de explosión todas las partes conductoras de corriente quedan dentro del blindaje; sin embargo, en clavijas y receptáculos, algunas de dichas partes deben sobresalir a través de las paredes del blindaje de tal manera que pueda hacerse contacto eléctrico. - El problema es hacer que tales dispositivos sean seguros para usarse en atmósferas explosivas. Se puede usar los dos siguientes métodos:

- 1.- Interconexión. Los contactos del receptáculo están interconectados con un interruptor que queda dentro de la cubierta a prueba de explosión de tal manera que siempre estén muertos cuando la clavija se inserte o se saque.
- 2.- Acción retardada. La clavija y el receptáculo se construyen de tal manera que los arcos que pudieran ocurrir en los contactos queden confinados dentro de las cámaras a prueba de explosión. Este diseño también evita que se pueda sacar la clavija del receptáculo demasiado rápido con lo que se dá oportunidad de enfriarse a todas las partes calientes de metal, antes de que se ponga en contacto con la atmósfera explosiva que los rodea.

Ambos diseños son prácticos y ampliamente usados.

#### 6.2.5.- EQUIPO ELECTRICO PORTATIL.

Se requiere construcción a prueba de Explosión para áreas Clase I, División 1 y 2; construcción a prueba de Polvo para Clases II, Divisiones 1 - 2.

El "National Electric Code" exige que to dos los equipos portátiles que se operen en loca - les peligrosos a menos de 150 volts sean conecta - dos a tierra por medio de un conductor separado en el cable flexible de alimentación.

#### 6.2.6.- CONDUITS.

Todos los conduits que se instalen en - locales clase 1, División 1, deben ser rígidos, de metal, cuando menos con 5 hilos completos de rosca atornillados en el blindaje a prueba de Explosión. Para locales División 2 el uso de conduit rígido - es también una práctica aceptada generalmente.

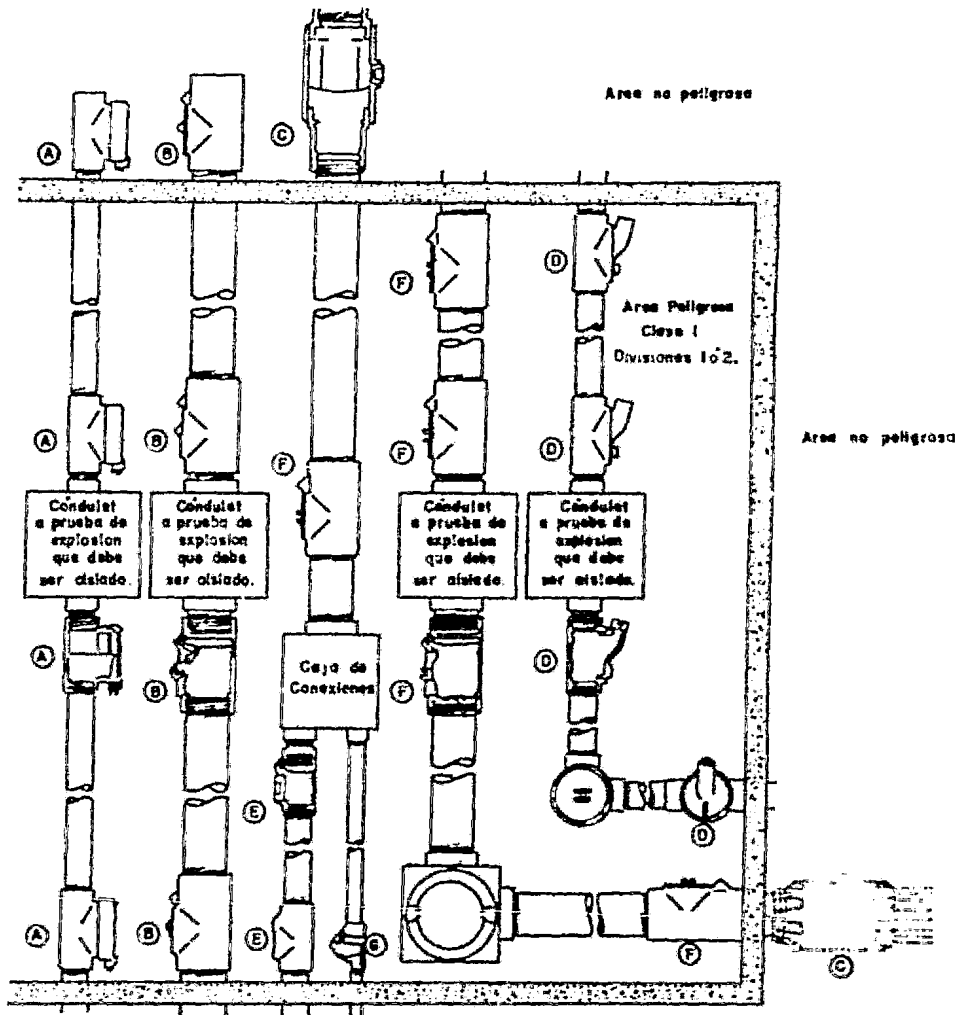
#### 6.2.7.- SELLOS PARA SISTEMAS DE CONDUITS.

Los sellos sirven para evitar el paso - de gases, vapores o separar flamas de una sección - de un sistema de conduit rígido a otro, limitando - así una explosión. Los sellos también evitan la - acumulación de presiones causadas por explosiones enormes dentro del sistema de conduits. En la figu - ra 6.7 se muestran las características de los di - ferentes tipos de sellos que se pueden obtener co - mercialmente.

Un sello es un accesorio conteniendo un - compuesto de endurecimiento rápido que no es ataca - do por los gases ni por el calor. Solamente debe - usarse el compuesto especificado por el fabricante del accesorio.

Estos sellos son necesarios en los loca - les Clase 1, en las siguientes circunstancias.

FIG. 6-7 SELECCION DE SELLOS



NOTA

- A - Sellos E2D, con dren para instalación vertical de 1/2 a 2-1/2"
- B - Sellos E2D, " " " " " " " " " " " " " " 3 a 6"
- C - Sellos E2S, para instalación vertical u horizontal de 3-1/2 a 6"
- D - Sellos E2S, " " " " " " " " " " " " " " 1/2 a 3"
- E, F, G - Sellos E2Z, " " " " " " " " " " " " " " 1/2 a 6"

- En donde el conduit entra a un blindaje a prueba de explosión que contiene un equipo de temperatura alta o que produce arco eléctrico (debe haber un sello a no más de 45 cm del blindaje a prueba de explosión que se trata de aislar).
- Donde el conduit entra a cajas que contienen empalmes o derivaciones, cuando el conduit es de 5 cm (2 in) de diámetro o mayor.
- Donde el conduit sale del área División 1 o pasa de una área peligrosa División 2 a una área no peligrosa.

Los cambios alternados de temperatura y de presión barométrica causan la entrada y circulación de aire por el conduit que al condensarse la humedad del aire puede causar corto circuitos o tierras. Para eliminar este problema deben instalarse accesorios de unión e inspección equipados con purgas a prueba de explosión que automáticamente eliminen el agua.

En general existe una tendencia para clasificar las áreas peligrosas como clase 1, División 2, más que como clase 1, División 1. Como resultado de esta tendencia se siente la necesidad de que los fabricantes amplíen sus líneas de equipo clase 1, División 2. En muchos casos el usuario no tiene otra alternativa que la de comprar equipo diseñado para locales División 1. Los progresos que han logrado en los terrenos de dispositivos sin contactos, sellos herméticos y aparatos intrínsecamente seguros deberán alentar los diseños de equipos eléctricos para usarse exclusivamente en locales División 2.

Se necesita además una variedad más gran

de de instrumentos en blindajes a prueba de explosión para áreas clase I, División 1 y División 2.- Aún cuando el sistema de purgas y presión se usa - ahora para instrumentos en muchas plantas, la instalación lógica sería la de blindajes a prueba de explosión debido a su costo más bajo, si pudieran obtenerse en el tamaño y peso adecuados.

### 6.3.- DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICOS

Las fallas eléctricas (corto circuito) - y las sobre-cargas ocurrirán a pesar del mejor programa de mantenimiento o una magnífica ingeniería, la forma más segura de minimizar su efecto, es aislarlas del resto del sistema eléctrico lo más rápido posible.

El llevar a cabo este aislamiento es el trabajo del dispositivo de protección del sistema. Cuando ocurre una falla, los dispositivos de protección detectan la condición y operan para "disparar" o des-energizar el circuito eléctrico que se encuentra en problemas.

Todos los dispositivos de protección eléctricos caen en dos categorías fundamentales: - de Acción directa y Acción indirecta.

- Dispositivos de Acción Directa: son unidades que dentro de ellas operan para abrir el circuito. - Aparatos en esta categoría incluyen interruptores automáticos, fusibles e interruptores de bajo voltaje.
- Dispositivos de Acción Indirecta: son los que no abren el circuito por si mismos. En su lugar - abren o cierran un par de contactos (o disparan-

un rectificador controlado), que a su vez actúan un interruptor de circuito adicional. Un dispositivo típico en esta categoría es el relevador de protección.

### 6.3.1.- PRINCIPIOS DE OPERACION.

Ya sean directos o indirectos, todos los dispositivos de protección eléctrica (DPE) obtienen sus características de uno, o una combinación de cuatro principios básicos: (1) Térmico, (2) Electrónico, (3) Atracción electromagnética y (4) Inducción electromagnética.

- 1.- Térmico.- Los dispositivos que operan bajo el principio térmico son de dos tipos diferentes. En el primero, una corriente anormalmente alta pasa a través de una cinta-metálica provocando que ésta se funda y entonces abra el circuito; esto es un fusible. En el segundo, la corriente excesiva calienta una tira bimetálica o una aleación de soldadura. En el tipo de tira bimetálica, la tira se dobla accionando el mecanismo abriendo los contactos (fig. 6.8a). Si la sobrecarga se desarrolla en el dispositivo tipo aleación (fig. 6.8b), el calor funde la soldadura permitiendo que el resorte jale el brazo de operación hacia la izquierda, abriéndose los contactos.
- 2.- Electrónico.- Un análisis detallado del circuito queda fuera del objetivo de esta tesis. En concepto sin embargo los dispositivos de protección electrónicos son muy simples; se le suministran parámetros del sistema eléctricos tales como corriente, voltaje y frecuencia;



sus circuitos entonces detecta cualquier desviación peligrosa y accionan un disparo que abre el circuito de ser necesario.

3.- Atracción Electromagnética.- En este dispositivo, se usa el electromagneto simple tal como se muestra en la fig. 6.8c. Cuando la corriente del sistema se vuelve anormalmente alta (por una falla o sobre-carga), el brazo es atraído hacia la bobina; el tornillo de disparo toca una barra y libera la energía almacenada en la bobina para abrir el circuito. Si el tornillo de disparo se reemplaza con un par de contactos, el dispositivo se convierte de acción-indirecta en vez de acción directa.

4.- Inducción Electromagnética.- Dos o más campos magnéticos actúan sobre un disco, tazón o algún otro rotor para producir un toque (exactamente como un motor de inducción). El mecanismo producirá una acción de disparo cuando los campos alcancen magnitud suficiente y la relación fase-ángulo correcta.

#### 6.3.2.- DISPOSITIVOS MÁS COMUNES.

Fusibles.- Probablemente los más comunes de todos los dispositivos de protección, los fusibles son unidades de acción directa y operan bajo el principio térmico. Un fusible se coloca directamente en serie con el circuito a proteger. Cuando la corriente se eleva por encima del rango del fusible, una cinta metálica dentro del fusible se funde, abriendo el circuito.

Los tres más importantes criterios para la selección y aplicación de fusibles son:

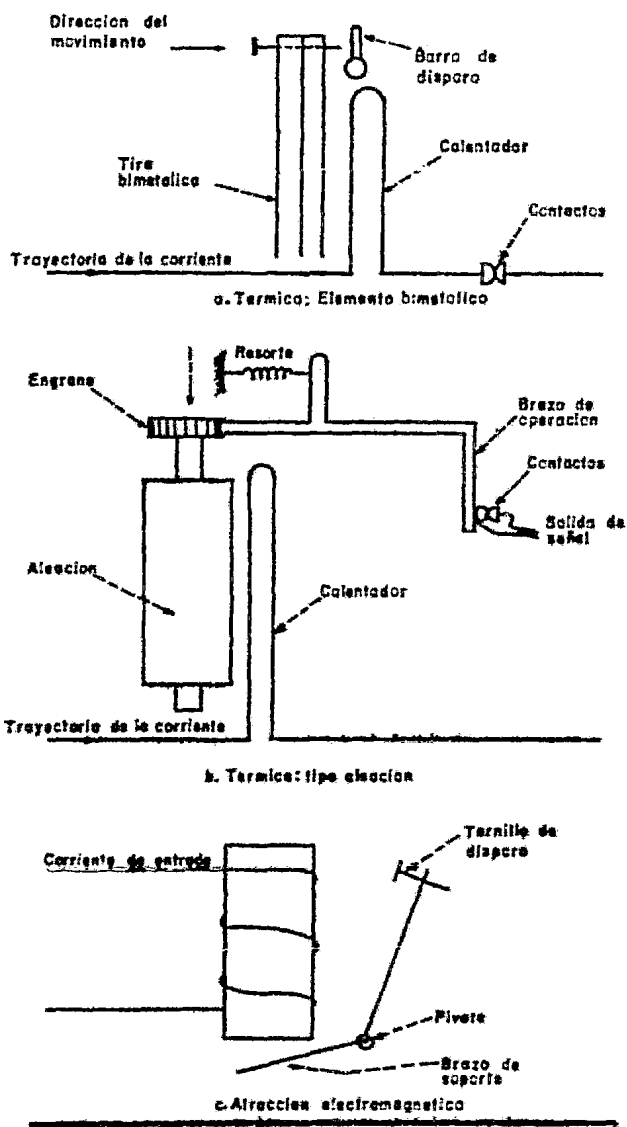


FIG 6-8 PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA

- La capacidad de fusible es la corriente máxima que puede manejar sin que el fusible se dispare.
- El rango de voltaje es el máximo voltaje al cual el fusible se debe aplicar.
- El rango de Interrupción es la máxima corriente que el fusible interrumpirá cuando se aplica en un circuito en su rango de voltaje.

INTERRUPTOR AUTOMATICO DE CAJA.- El interruptor de circuito automático es otro ejemplo de un dispositivo disparador de acción directa. El "National Electric Code", define el interruptor de circuito como un "dispositivo diseñado para abrir y cerrar el circuito automáticamente bajo una sobrecarga predeterminada, sin sufrir daño, cuando se aplica dentro de su rango". La mayoría de los interruptores de circuito tienen dispositivos de disparo automáticos que operan bajo acción magnética termo-magnética.

Los interruptores de acción magnética operan bajo el principio de atracción electromagnética. Cuando la corriente se eleva sobre su valor de operación, instantáneamente se releva (aquí instantáneo significa que no existe retraso intencional del disparo).

Este tipo de interruptores normalmente se usan en arrancadores magnéticos en los motores. Sirve como un dispositivo de desconexión y también protege al motor de cualquier falla de alta intensidad.

Los interruptores de acción termo-magnética combinan el disparo instantáneo con un disparo térmico lento para protección a sobrecarga. En-

la fig. 6.9 se muestra la forma de disparo de este tipo de interruptores.

### INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE BAJO-VOLTAJE.

Debido principalmente a la poca capacidad de ajuste en los dispositivos más básicos, el interruptor automático de bajo voltaje se utiliza frecuentemente en las partes más críticas de los sistemas eléctricos. Por ejemplo en circuitos de 480 volts; ya que además de tener características más versátiles, los interruptores de bajo-voltaje tienen mayor capacidad que los interruptores de caja.

Los interruptores automáticos de bajo-voltaje tienen cuatro tipos de características de disparo intercambiables. Estas características son:

**De retraso largo:** El retraso largo se usa para protección por sobrecarga. Su valor mínimo de operación es ajustable dentro de un rango de 30 a 160% de la capacidad del dispositivo. Para una sobrecarga dada, el dispositivo de retraso largo, requerirá varios segundos o décimas de segundo para operar, permitiendo mantener el circuito cerrado si la sobrecarga es de arranque o no se presenta en forma sostenida.

**De retraso corto:** Este es un tipo de protección contra falla muy rápido, pero aún así tiene un retraso. El dispositivo de retraso corto no requiere más de 0.5 seg. para operar cuando hay corrientes mayores de su valor mínimo de operación; que normalmente serán de 2 a 10 veces la capacidad continua del dispositivo.

**Instántaneo.-** Este dispositivo de pro -

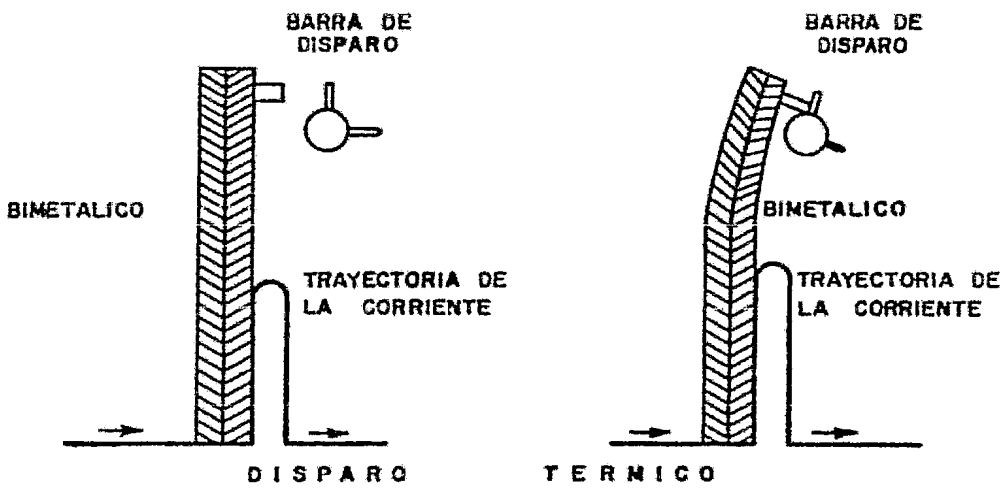
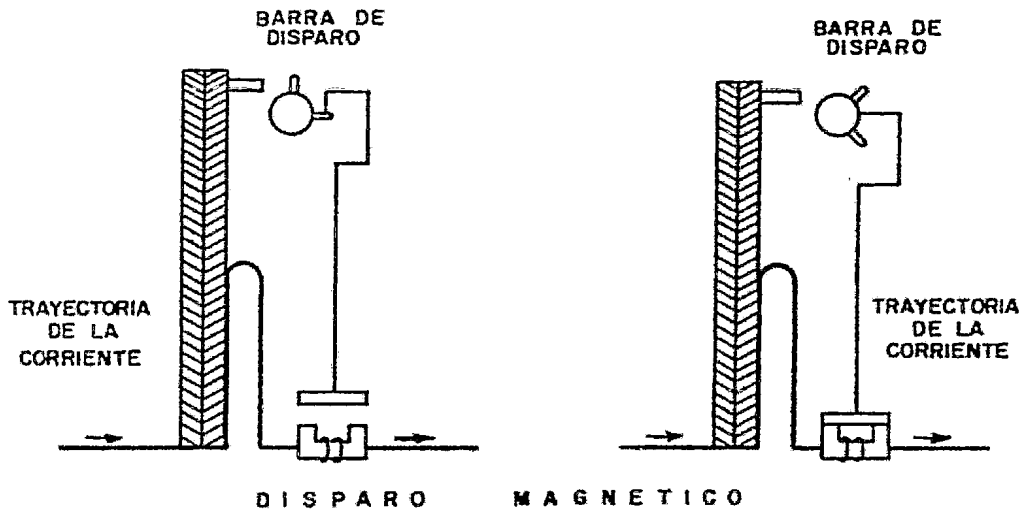


FIG. 6-9 DISPARO DE UN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

tección a fallas opera sin retraso intencional. -- Es normalmente ajustable de 5 a 15 veces su capacidad nominal.

De falla a tierra: Antes de que los sistemas de distribución de 480 v., se convirtieran - de uso común, las fallas que resultaban por arcos eléctricos a tierra no eran un problema serio. Sin embargo ahora la protección contra falla a tierra ha adquirido gran importancia. El valor mínimo de operación para un dispositivo de falla a tierra en un interruptor automático de bajo-voltaje se calibra tan sólo por encima del desequilibrio de carga máximo esperado. El tiempo de disparo es similar - al de retraso corto. El dispositivo se conecta de tal manera que detectará únicamente fallas por desequilibrio o tierra.

### 6.3.3.- RELEVADORES PARA PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS.

Los relevadores son dispositivos que se colocan en sistemas eléctricos para detectar defectos. En el caso de un problema, el relevador completa un circuito separado para disparar los interruptores correspondientes para aislar la falla. Los relevadores más comunes en las plantas de plásticos son los relevadores para sobrecarga en motores y los relevadores de disco-inducción para sobre-corriente.

Los de sobrecarga normalmente se encuentran como un componente del arrancador del motor. Operan bajo el principio térmico o el magnético.

El relevador clásico de sobre-corriente opera por inducción electromagnética y funciona al

aplicarse dos flujos fuera de fase a un disco de aluminio. Mientras mayor sea la magnitud de la corriente más rápido girará el disco.

Este tipo de relevadores es fácilmente ajustable a varios parámetros eléctricos y es en extremo versátil.

Un elemento de los relevadores que frecuentemente es pasado por alto es la placa indicadora. Esta es un dispositivo operado mecánicamente o eléctricamente que funciona cuando el relevador de protección intenta disparar el interruptor. Cada relevador tiene una, la placa no deberá restaurarse hasta que la supervisión ha sido avisada. Frecuentemente el personal de mantenimiento de planta restaurará la placa sin prestar atención. Sin embargo el saber cual relevador fue el que operó, por medio de la placa indicadora, es frecuentemente una herramienta muy valiosa al analizar las condiciones de un sistema durante una falla.

**OTROS TIPOS DE RELEVADORES.**- Existen otros tipos de relevadores que se usan en los sistemas de Fuerza de las plantas, a continuación se presentan algunos de ellos:

**Relevador Diferencial:** Este tipo de relevador supervisa el flujo de la corriente que entra y sale de una parte dada del sistema conocido como la zona de protección. Cuando las dos corrientes son desiguales, se dispara debido a la condición anormal o falla.

**Relevador para bajo voltaje:** Cuando el voltaje del sistema se cae por abajo del nivel permitido, se pueden dañar ciertos equipos o partes -

de aparatos. Un relevador de bajo voltaje detecta esta condición y opera para desconectar los equipos críticos antes que puedan dañarse. Los relevadores de bajo voltaje también se usan para transferir un circuito hacia una fuente de energía de emergencia cuando la energía normal falla.

Relevador para inversión de corriente.-- Este tipo de relevadores opera cuando el flujo de la energía es en dirección anormal. Por ejemplo si el primario falla en un generador, el generador tiende a motorizarse (jalar corriente del sistema y operar como motor). Este es el momento en que el relevador de inversión de corriente opera. Mide el ángulo de fase entre la corriente y el voltaje, disparándose cuando es incorrecto y de magnitud establecida.

#### 6.4.- PROTECCIÓN DE MOTORES.

En la actualidad es cada vez mayor la necesidad de disponer de sistemas que permitan proteger y controlar las operaciones de los motores eléctricos; la gran cantidad de motores en las plantas de termoplásticos, la variedad y el número de operaciones que realizan los convierten en partes muy importantes de ellas.

Al dispositivo o conjunto de estos que realizan alguna función de protección o control, comúnmente se le llama control o controlador y entre las más frecuentes de estas operaciones se tienen:

Arranque: Muchos motores pueden ser conectados directamente a la línea sin perjuicio del operador y de la carga que están moviendo, sin embargo en la ingeniería de protección estos dos as-



pectos deben ser tomados muy en cuenta para el --  
diseño y selección del controlador.

Paro.- Hay aplicaciones en las cuales no basta desconectar el motor de la línea para detenerlo. Ejemplo, elevadores, montacargas, etc., es donde el controlador debe ser capaz de imprimir - una acción de freno.

Inversión de Rotación.- Esta es una operación de aplicación frecuente en las plantas de - plásticos en las áreas de mezcla.

Control de velocidad.- Existen muchas - partes del proceso de plásticos en las que se hace indispensable un riguroso control de la velocidad de los motores. Se tiene necesidad de disponer de velocidades muy precisas, o bien, variables dentro de ciertos rangos ajustables. Una característica - muy importante de los controladores, es que además de gobernar las operaciones del motor, deben proporcionar un sistema de seguridad adecuado, que -- permita protegerlo de las posibles fallas o perturbaciones a las que se puede ver sometida, entre - otras:

Sobrecorrientes.- Las sobrecorrientes - por cortos circuitos, escapes a tierra, etc., no sólo son perjudiciales para los conductores de los motores, sino también para los controladores que los gobiernan. Los fusibles, instalados en la misma envolvente del medio de desconexión y los interruptores termomagnéticos, son utilizados entre - otros como medio de protección en caso de ocurrir esta falla.

SobreCargas.- Bajo cualquier condición -

de sobrecarga, un motor toma una excesiva corriente que causa sobrecalentamiento que pueden deteriorar el aislamiento de los elementos del motor. Por esto existen límites de temperatura, dentro de los cuales se puede garantizar la adecuada operación de la máquina. En la práctica los motores se hayan sujetos a diferentes tipos de sobrecarga, las originadas por cargas mecánicas que provoca la inercia del sistema y que en ocasiones hacen que el motor pierda velocidad o que alcance lentamente la de régimen, las que simulan sobrecargas mecánicas, por llegar muy reducida la tensión de la red. Por otro lado, el medio ambiente también interviene, ya que puede incrementar la temperatura de operación del motor. Los relevadores contra sobrecargas, funcionan para evitar corrientes y calentamientos que puedan deteriorar los aislamientos.

**Inversión de Fase.**- Si se intercambian dos fases de alimentación de un motor trifásico de inducción, éste invertirá su rotación con los conocidos perjuicios que ocasiona; por ejemplo en equipos de bombeo, agitadores, granuladoras, etc.- Los relevadores de inversión de fase protegen a los motores, las máquinas y al personal contra riesgos en el caso de presentarse este tipo de falla.

**Inversión de Corriente.**- De la misma manera que una inversión de fase puede ocasionar graves problemas, en las máquinas trifásicas de inducción, en motores de corriente continua, ocurre al cambiar la polaridad o sentido de la corriente.

**Sobre-velocidades.**- Una sobre-velocidad del motor puede causar graves daños, sobre todo a la máquina impulsada, por esto, en instalaciones -

donde la velocidad del motor es muy alta, es importante la selección de un adecuado control, que permita proteger al equipo contra tales contingencias.

**Campo Abierto.**- Existen relevadores de campo para proteger a máquinas de corriente continua, compuestas o en derivación y motores síncronos, contra las fallas que se originan por la pérdida de la excitación que, por ejemplo en las máquinas de corriente continua, ocasiona sobre velocidades peligrosas.

**Bajo voltaje.**- Los dispositivos para este tipo de falla, operan cuando el voltaje disminuye o falla totalmente para causar y mantener la interrupción de corriente en el circuito del motor, evitando la iniciación intempestiva e indeseable de la operación.

Los motores grandes requieren, sin embargo, una protección más sofisticada que la normalmente asociada con motores pequeños.

En las plantas de plásticos los motores mayores de 100 HP son de uso muy frecuente, por lo que se recomienda que la protección con relevadores se aplique de la siguiente manera:

6.4.1.- Se instalen tres relevadores de sobre corriente con características de tiempo largo, o dos relevadores térmicos y uno de tiempo largo, todos con disparo instantáneo. Los relevadores deberán especificarse para funcionar al 175-200% de la corriente a plena carga y proporcionar al tiempo de aceleración requerido con el valor de corriente de rotor trabado. Los disparos instantáneos se ajustan entre 150 y 200% de la corriente de rotor trabado.

6.4.2. En los sistemas que están aterrizados - normalmente se conecta con relevador, para sobre-- corriente residual con características de tiempo - corto y sin disparo instantáneo. El disparo instan-- táneo se deberá especificar si se usa un transfor-- mador de nucleo acompasando todos los conductores-- de las tres fases. El relevador de tierra deberá - especificarse para actuar al 10 o 25% de la co - rriente a plena carga y disparar en 0.4 segundos - a la máxima corriente de falla a tierra; por lo - que este elemento se debe calibrar por abajo del - valor de máxima falla.

6.4.3 Un relevador de bajo voltaje con retraso. El relevador se especifica pa-- ra interactuar al 75 - 80% de la tensión nominal.- El retraso para motores que reacceleran después de-- la transferencia automática es normalmente 5 segun-- dos a voltaje cero cuando el tiempo de transferen-- cia es 4 segundos. Si el motor no reaccelera, el re-- levador se ajusta para 1 segundo de retraso a vol-- taje a cero.

6.4.4. Los relevadores diferenciales normalmen-- te son de baja velocidad para operar en 6 u 8 ci - clos.

Adicionalmente se ha utilizado detecto - res de temperatura de resistencia en los motores - grandes como la primera línea de protección para - sobrecargas. El detector está conectado a protecto - res de termómetro que actúan alarmas visuales y so - noras.

## 6.5.- PROTECCION AL PROCESO.

La gran mayoría de las operaciones en -

plantas de procesamiento de plásticos requieren de alguna forma para detectar las condiciones fuera de límite en las variables de proceso. Los instrumentos que supervisan estas variables se conocen como dispositivos de alarma y de paro.

Existe una gran variedad de estos dispositivos, sin embargo en este trabajo se mencionarán solamente los de presión, flujo, nivel, temperatura y vibración.

Estos dispositivos de detección, normalmente se conocen como interruptores. Lo cual no significa que siempre sean eléctricos, la mayoría también existen de actuación neumática.

#### 6.5.1.- INTERRUPTORES DE PRESIÓN.

Los interruptores de presión son los más comunes de todos los dispositivos de detección, para control de procesos, de tal manera que sus características de operación son de gran importancia para el Ingeniero puesto que ellos determinan la función de un instrumento relacionado al proceso.

Existe una gran variedad de interruptores empleados en diferentes gamas de presión, de diafragmas o muelles débiles para bajas presiones y de muelles reforzados para altas. Sin embargo el principio de operación es el mismo; la presencia o ausencia de una presión, acciona mecánicamente unos contactos. Se fabrican en dos tipos básicos en relación al punto de control; son indicadores o ciegos (sin indicación visible).

Los interruptores de presión se diseñan para operar dentro de un cierto rango con ajuste -

diferencial, esto es con diferencias ajustables entre las presiones de conexión y desconexión.

Donde la presión de desconexión es el punto en el cual actúa el interruptor cuando la presión se eleva y el de conexión cuando el interruptor actúa en dirección opuesta al disminuir la presión. Generalmente los ajustes guardan relación de 3 a 1 y de 10 a 1, siendo el tamaño del ajuste proporcional al rango del interruptor. Los ingenieros siempre pueden seleccionar entre interruptores con ajuste diferencial fijo o variable, dependiendo de las necesidades del proceso.

Siempre es necesario tener ajuste diferencial ya que sin él, el interruptor estaría en forma alterna conectando y desconectando si la presión que se mide operara cerca del punto de control. Normalmente el diferencial del interruptor se selecciona para que éste no conecte hasta que la presión del sistema ha bajado significativamente hacia la parte segura del punto de operación.

Otra característica que debe considerarse en la selección de interruptores de presión es la presión de prueba o de disparo. Los fabricantes especifican la máxima presión que el interruptor puede soportar sin distorsionar su calibración o su elemento primario; si la presión se rebasa el instrumento estará dañado.

Esto deberá tomarse en cuenta para la selección del interruptor, ya que si la presión de operación máxima permisible (por ejemplo el punto de ajuste para una válvula de alivio), es mucho mayor que el punto de control, se tendrá que jugar -

con la capacidad del instrumento a la presión de prueba y su diferencial de presión mínimo se requiere, para generar la fuerza que accione al interruptor, el cual puede llegar a ser hasta 25% de su rango.

En la figura 6.10 se muestra un interruptor de presión típico con algunas de sus características.

### 6.5.2.- INTERRUPTORES DE FLUJO.

Los interruptores de flujo, son elementos sensores de líquidos o gases que circulan por tuberías y ductos. Este flujo se aprovecha para cerrar o abrir contactos, los cuales conectados a relevadores y contactores inician o interrumpen alguna secuencia de control. Los elementos sensores caen dentro de dos categorías: Un elemento de área variable o un elemento sensor de velocidad.

Un interruptor de área variable puede ser un rotámetro con un interruptor de límite adaptado, o un dispositivo ciego de área variable muy simple y con un rango de ajuste muy limitado, como el que se muestra en la figura 6.11.

Los elementos sencillos de área y algunos de los elementos sensibles de velocidad, (tales como un remo o paleta que sobresale hacia un flujo), son los más económicos. Estos interruptores no están diseñados para calibración exacta, pero son adecuados para muchas aplicaciones; por ejemplo, son comúnmente usados en los sistemas de protección contra incendios.

Para interruptores de flujo que deben ca

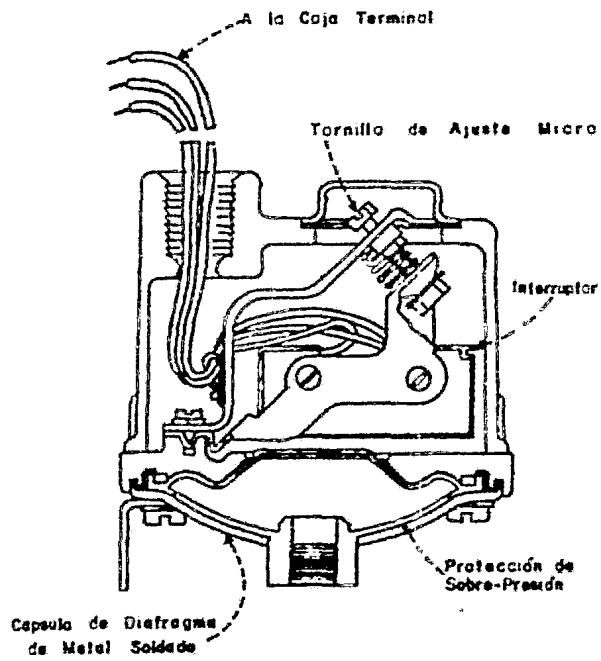
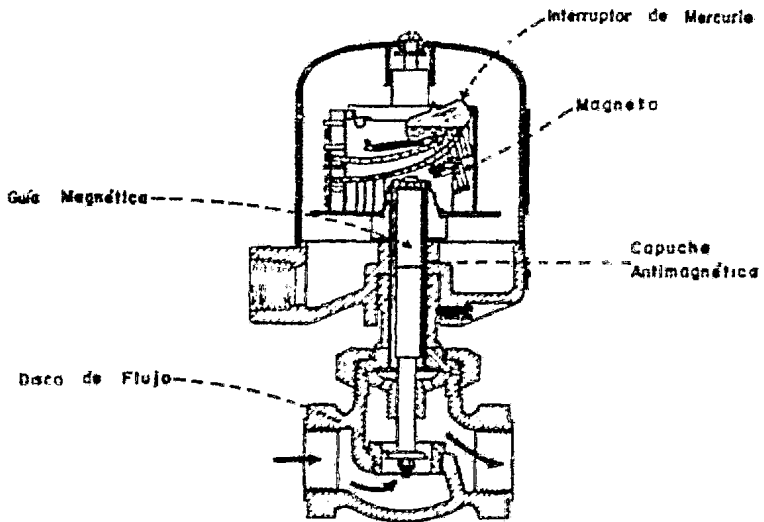


FIG. 6.10 INTERRUPTOR DE PRESION TIPO DIAFRAGMA.





**FIG. 6.11 INTERRUPTOR DE FLUJO.**

DETECTAN LA CORRIENTE EN MOVIMIENTO, YA SEA POR UN DISPOSITIVO SENSIBLE A LA VELOCIDAD O POR AREA VARIABLE PARA PROPICIAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA ALARMA.

librarse con precisión en un determinado flujo, - los rotámetros estándar equipados con contactores- o los mediadores de flujo de orificio son los elementos normalmente seleccionados. Los rotámetros - se utilizan en flujos y tuberías menores; para flujos grandes se utilizan los medidores de orificio.

El medidor de orificio requiere una restricción en la tubería de características conocidas. La presión diferencial que se crea a través - de dicha restricción, por la velocidad del fluido, se mide por un instrumento. Un transmisor convierte la medición diferencial de presión, en una señal estándar de instrumento con lo que se puede - ajustar la operación de una alarma u otro dispositivo de acción.

La mayoría de los medidores de flujo pueden sufrir sobre-capacidad sin que sufran daño permanente o pierdan calidad en calibración. Actualmente existen para cualquier aplicación de presión estática.

### 6.5.3.- INTERRUPTORES DE NIVEL.

El interruptor de nivel más común es el tipo flotador, en el cual un elemento tipo Boya - actúa al mecanismo interruptor, los interruptores-flotantes son de dos tipos: internos cuando el flotador opera dentro del recipiente de proceso, o externos cuando el flotador se encuentra en su propia cámara la cual está conectada al recipiente de proceso. Para una alarma de alto nivel, el interruptor deberá colocarse en algún lugar encima del nivel de operación normal; de tal manera que actuará cuando el nivel alcance el valor límite.

Los interruptores de nivel también pueden detectar el nivel de sólidos, tales como polvos o pellets de plástico en los sistemas de transporte neumático y almacenamiento. El interruptor más común para éste servicio utiliza un pequeño agitador de paletas montado cerca de la pared, dentro del tanque, cuya fuente motriz es un motor instalado en el exterior. Cuando las paletas del agitador están cubiertas por el sólido almacenado, no se pueden mover, condición que es detectada por un interruptor de torque en el motor, el cual indica que el nivel está por encima del límite.

Algunos otros dispositivos indicadores de nivel trabajan con ultrasonido, foto-celdas, refracción de luz y con peso.

La clave para la selección de los instrumentos es combinar; la unidad seleccionada deberá ser económica y aún así proporcionar un servicio confiable y sin problemas. Se recomienda utilizarlos mecanismos más simples preferentemente sobre los más delicados o sofisticados, cuando sea posible.

#### 6.5.4.- INTERRUPTORES DE TEMPERATURA.

Los interruptores de temperatura generalmente operan bajo uno de cuatro principios; expansión térmica, diferencial de expansión térmica, presión de vapor o termopares.

El dispositivo de expansión térmica puede ser un bulbo lleno de mercurio, parecido a un termómetro de vidrio de laboratorio. En la indus -

tria de los termoplásticos el interruptor de temperatura normalmente es un sistema lleno de mercurio o gas, consistente de un bulbo de acero inoxidable conectado a un interruptor de presión por medio de un tubo capilar pequeño. La expansión del gas o mercurio con el aumento de temperatura aumentará la presión del sistema lleno, operando el interruptor.

El interruptor por presión de vapor es un sistema lleno que tiene la misma configuración que interruptor de mercurio por expansión térmica. En este caso el bulbo se llena con un líquido operando en equilibrio con sus fases líquida y de vapor. A medida que aumenta la temperatura, la presión de vapor del líquido se incrementa ocasionando que el elemento sensor de presión opere el interruptor a la temperatura elegida.

Los interruptores de temperatura bimetálicos se fabrican de muchas configuraciones. Operan por medio del diferencial de expansión térmica entre dos partes metálicas, unidas térmicamente a la corriente del proceso. El movimiento generado por la diferencia de expansión se transfiere al interruptor por medio de un mecanismo ajustable. Este tipo de interruptores son generalmente pequeños, económicos y útiles para un amplio rango de temperaturas, sin embargo tienen como inconveniente que deben ser montados directamente en la línea o equipo de proceso.

Los Termopares pueden ser usados como un elemento medidor de temperatura ya que, generan un voltaje que es función de la temperatura. Estos sensores son aceptables para un amplio margen de

temperaturas y son muy resistentes y económicos. - El voltaje de medición para un termopar es la diferencia entre el voltaje del punto de medición y un voltaje de referencia en algún otro punto del circuito. El termopar se coloca en un termopozo, dentro del equipo o línea de proceso.

#### 6.5.5.- INTERRUPTORES DE VIBRACION.

Los interruptores de vibración se usan como dispositivos de alarma o paro de equipo mecánico con peligro de desbalances o problemas de baleros por trabajar a medianas velocidades. Los dispositivos más sencillos detectan los desbalances mayores en la máquina y están colocados en el armazón. Este tipo de interruptores usan la inercia de una masa dentro del interruptor para activarlo cuando su cuerpo se ve sujeto a vibraciones o aceleraciones más allá de un límite establecido.

Estos interruptores de vibración son mecanismos simples y compactos que no requieren de una fuente externa para operar.

Otro tipo de interruptores de vibración mucho más precisos, utilizan un sistema electrónico que mide las variaciones de posición del eje radial de la máquina con respecto a la chumacera. También se pueden utilizar para medir la posición axial del eje como indicador del desgaste del balero.

Las unidades indicador-electrónico/detector-alarma normalmente tienen dos funciones de alarma: una como alarma anunciadora y el otro como elemento de paro.

Normalmente se utilizan para maquinarias rotando a altas velocidades tal como centrifugas, -compresores o turbinas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- National Electrical Code, Art. 500, hazardous Locations, NFPA, Boston, Mass. (1971).
- 2.- American Petroleum Institute, norma API RP -- 500A "API recommended practice for classification of areas for electrical installations in petroleum refineries"
- 3.- NFPA Standards No. 30, 33, 36, 50, 58 y 59 National fire protection association (1975), Boston, Mass.
- 4.- National Electrical Code art. 501, Class I - Installations, NFPA, Boston, Mass (1971).
- 5.- National Electrical Code, Art. 502, Class II - Installations, NFPA, Boston, Mass. (1971).
- 6.- Guia para la seguridad en áreas con procesos peligrosos o con atmósferas explosivas, Crouse Hinds Co. (1972).
- 7.- Electrical Safety: Designing purged enclosures, Ecker, H.W. y R.H. Toensing; Chem Eng. May 13 p. 93 (1974.)
- 8.- Electrical Protective devices, Brown, T y J.L. Cladick, Chem. Eng. Sep. 10, p. 137 (1979).
- 9.- Equipment design handbook for refineries and chemical plants; Evans, F.L., Gulf publishing Co. (1971).

- 10.- Electrical Safety In process plants Classes - and limits of hazardous areas. Le vin, R.Y., - Chem. Eng., p. 51. May. 1., (1972).
- 11.- Safety in Electrical Equipment for hazardous- locations, Short, W.A., Chem. Eng..p. 59. May 1, (1972).
- 12.- Alarm and Shutdown devices protect process - equipment. Rasmussen, E.J., Chem. Eng., p. 74 May 12, (1975).
- 13.- Equipos electricos para áreas peligrosas; Per dive. J.M.; Petro-noticias: p. 13 Ene-Feb. - (1981).
- 14.- Standard handbook for electrical Engineers, - 10 th ed, Fink, D.C.y.J.M. Carroll, Mc. - Graw-Hill, Co. (1968) New York, N.Y.
- 15.- Operación Control y Protección de Motores - eléctricos, Buitrón Sánchez, H, 2a. ed. H. Pa checo (1979) México, D.F.



CAPITULO VII.- SISTEMAS DE PROTECCION ESPECIAL.

Los sistemas de protección especial analizados en este capítulo son los siguientes:

- 7.1.- Bióxido de carbono
- 7.2.- Polvo químico seco
- 7.3.- Espuma.
- 7.4.- Espreado de agua.

En la tabla 7.1. se muestra cada uno de estos con sus aplicaciones recomendadas así como sus limitaciones.

Dichos sistemas se pueden clasificar por su arreglo y método de aplicación en:

- Fijos
- Línea - manguera
- Cabezales con suministro móvil.

En la tabla 7.2. se encuentra esta clasificación con los puntos distintivos de cada uno.

A continuación se muestran las partes de las que consta un sistema de protección especial y se mencionan las normas que se deben seguir para su instalación.

## DETECCION Y ACTUACION.

Existen dispositivos de detección automática que pueden ser activados por calor, humo, flama o vapores combustibles.

El suministro de energía para la detección y actuación eléctrica deberá ser independiente de la alimentación eléctrica del área por prote

SISTEMA DE PROTECCION	APLICACIONES	LIMITACIONES
BIOXIDO DE CARBONO	EXTINCION DE FUEGOS EN LIQUIDOS INFLAMABLES, EQUIPOS E INSTALACIONES ELECTRICAS , INSTALACIONES DE ALTO COSTO SUCEPTIBLES A DAÑO POR HUMO, FUEGO O AGUA.	NO ES MUY EFICIENTE EN FUEGOS - DONDE EL COMBUSTIBLE TIENE SU PROPIO SUMINISTRO DE OXIGENO NO SE RECOMIENDA USAR EN FUEGOS DE GASES QUE SE ESTAN ESCAPANDO -- POR EL PELIGRO DE EXPLOSION QUE SE CREARIA.
POLVO QUIMICO SECO	EXTINCION DE FUEGOS EN LIQUIDOS INFLAMABLES ESPECIALMENTE EN -- ACEITES CALIENTES YA QUE NO CAUSAN DESPRENDIMIENTO POR EBULLICION.	IDEM AL ANTERIOR. TAMPOCO SE RECOMIENDA SU USO EN FUEGOS QUE INVOLUCREN EQUIPO ELECTRICO COMO PANELES DE INTERRUPTORES POR LA LIMPIEZA QUE IMPLICA EL USO DEL POLVO.
ESPUMA	EXTINCION DE FUEGOS EN LIQUIDOS INFLAMABLES. SE USA TAMBIEN PARA PROTEGER DE LA EXPOSICION AL FUEGO Y EVITAR SU PROPAGACION.	NO SE RECOMIENDA SU USO CUANDO ESTAN INVOLUCRADOS LIQUIDOS MUY VOLATILES, LIQUIDOS QUE SE ENCUENTRAN A MAS DE 100°C, EQUIPO ELECTRICO, METALES COMBUSTIBLES O MATERIALES QUE CONTENGAN SU PROPIO SUMINISTRO DE OXIGENO.
ESPREADO DE AGUA	EXTINCION DE FUEGOS EN TANQUES ABIERTOS. PROTECCION DE EXPOSICION AL FUEGO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y EQUIPO QUE CONTenga LIQUIDOS O GASES PELIGROSOS.	NO SE DEBERAN USAR PARA LA PROTECCION DE EDIFICIOS EN GENERAL, LO CUAL DEBE HACERSE CON ROCIADORES AUTOMATICOS.

TABLA 7.2.

TIPOS DE SISTEMAS DE PROTECCION ESPECIAL, SUS CARACTERISTICAS Y LIMITACIONES.

TIPO DE SISTEMA	CARACTERISTICAS	LIMITACIONES
FIJO	EL AGENTE EXTINTOR SE ENVIA HASTA LAS BOQUILLAS POR MEDIO DE TUBERIAS FIJAS, LAS BOQUILLAS ESTAN TAMBIEN FIJAS Y - DIRIGIDAS A LOS PUNTOS DE PELIGRO.	PROTEGE UNICAMENTE LOS LUGARES A DONDE ESTA DIRIGIDA LA BOQUILLA.
LINEA - MANGUERA	EL AGENTE EXTINTOR SE SUMINISTRA POR-MANGUERA O TUBERIA Y MANGUERA HACIA - LAS BOQUILLAS MOVILES.	EXISTE UN DILACION EN EL TIEMPO-QUE SE TARDA EN LLEVAR LAS BOQUILLAS MOVILES AL AREA DE PELIGRO. LAS BOQUILLAS SE PUEDEN MANIPULAR PARA CUBRIR MAYOR AREA.
CABEZAS CON SUMINISTRO MOVIL.	CONSISTEN DE BOQUILLAS FIJAS CONECTADAS A TUBERIAS O MANGUERAS A LAS CUALES SE LES PUEDE CONECTAR EL SUMINISTRO DE AGENTE DE EXTINCCION PORTATIL.	EXISTE DILACION EN EL TRANSPORTE Y ACOPLAMIENTO DEL AGENTE DE EXTINCCION, TIENE MAS FACILIDAD EL ACOPLAR NUEVOS CILINDROS DE AGENTE DE EXTINCCION.

ger. Cuando esto no sea práctico, se deberá usar alimentación neumática o mecánica, o bien una batería para el caso de que falle la energía eléctrica primaria. El cableado o la tubería de cobre se deberá proteger de daños mecánicos, el cableado deberá protegerse con tubo conduit, así como la tubería de cobre que se encuentre en áreas vulnerables.

Los detectores de calor se pueden usar en la mayoría de los casos; para sistemas de inundación en locales bajo techo, los detectores se deberán instalar a no más de 4.5 mts. sobre el punto de peligro con al menos un detector directamente encima de dicho punto,

Los detectores que se encuentran instalados por abajo de rociadores, se deberán proteger con una pieza metálica o equivalente de al menos 0.6 x 0.6 mts., contra la descarga de los rociadores. Los detectores instalados en áreas al aire libre, se deberán localizar de tal forma que las condiciones del viento no afecten la detección.

Los detectores de humo se recomiendan para ductos o lugares cerrados en donde el fuego puede presentar una gran cantidad de humo, que no puede ser rápidamente detectado con algún otro medio automático.

Los detectores de flama se pueden usar en lugares donde la única luz capaz de actuar el sistema provenga de un fuego.

Los detectores de vapores combustibles pueden utilizarse en lugares cerrados, los cuales harían actuar el dispositivo de seguridad cuando la concentración de vapores alcance un nivel peli-

groso. El detector deberá estar interconectado --- con todos los equipos eléctricos de tal forma que estos se paren al actuar el equipo de protección.

#### MECANISMOS DE OPERACION.

Los mecanismos de operación se usan para controlar el flujo del agente extintor. Incluye al cilindro, selección y operación de las válvulas de diluvio, mecanismos de descarga de los cilindros, controles de descarga manual, programadores de predescarga y descarga e interruptores. La operación de estos mecanismos puede ser por medios neumáticos, eléctricos o mecánicos.

La actuación de los mecanismos de operación puede ser automática por medio de una unidad de detección o manualmente desde una estación de control (local o remota). Normalmente se recomienda la actuación automática. Sin embargo todos los sistemas deben tener un control manual de emergencia, para descargarlo, si han fallado otros controles.

Los controles manuales normales, realizan todas las funciones de los controles automáticos (a excepción de la detección).

Los controles manuales de emergencia en general son independientes de los medios normales y puede ser que no realicen las mismas funciones. Generalmente son de operación mecánica y están montados en el mecanismo que va a ser operado.

Las estaciones de control manual y de emergencia deberán estar fácilmente accesibles durante un fuego. Cuando los controles de emergencia

están montados en un mecanismo expuesto al peligro, se deberá proporcionar un medio de control manual-remoto.

Cada control manual deberá estar perfectamente identificado, indicando el sistema y el riesgo que está protegiendo.

Los mecanismos de operación deberán localizarse o protegerse de tal forma que se les evite daños mecánicos por corrosión, de clima desfavorable o cualquier otra condición.

#### MECANISMOS DE ALARMA Y SUPERVISION.

Se deberá proporcionar una alarma audible que opere cuando el sistema ha sido accionado y que continúe hasta que se pare manualmente.

Cuando el sistema de protección es el único que existe para estructuras importantes o de equipos e incluso procesos completos, los mecanismos de detección y los circuitos deberán tener una unidad de supervisión automática con alarma de sonido, diferente a la de actuación del sistema de protección.

#### SUMINISTRO DEL AGENTE DE EXTINCION.

La localización del suministro del agente de extinción, ya sea del que está en servicio o el de reserva, debe ser adecuada para evitar daños mecánicos, químicos, del ambiente o de cualquier otro tipo.

Las válvulas de control para el esparcido de agua y los recipientes de almacenamiento de bióxido de carbono, espuma o polvo químico seco se deberán localizar lo más cercano posible al área que

protegen, estar accesibles durante un fuego y -- ser de fácil acceso para inspección, prueba, recarga y mantenimiento con mínimo de interrupción del servicio.

## TUBERIA.

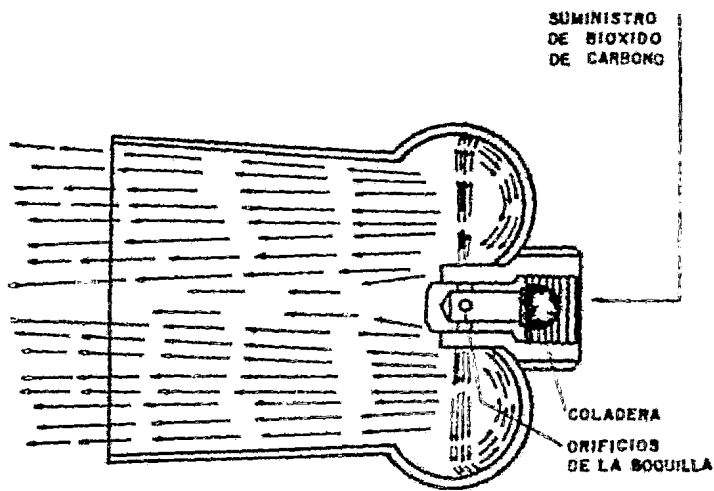
La tubería deberá diseñarse para obtener la velocidad de flujo deseada en las boquillas.

Para todos los sistemas, la tubería de -- berá ser de material no-combustible y además ser -- capaz de soportar las temperaturas esperadas sin -- deformarse. En atmósferas corrosivas, se deberá -- usar material resistente a la corrosión o un recu -- brimiento de protección. En lugares donde puedan -- ocurrir explosiones, la tubería deberá ir colgada -- de soportes estructurales cuyo desplazamiento sea -- mínimo y donde se puedan evitar fragmentos despedi -- dos por la explosión.

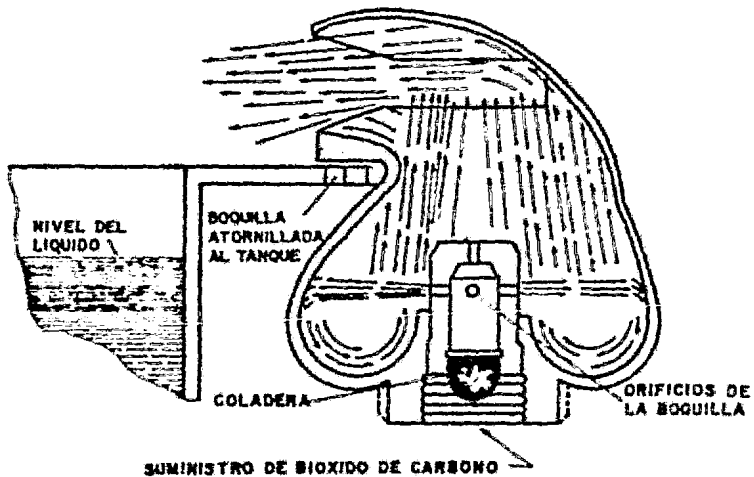
## BOQUILLAS.

Se deberán usar boquillas aprobadas por -- las asociaciones correspondientes, adecuadas para -- la aplicación específica y arregladas de tal forma -- que cumplan con la velocidad de flujo y patrón de -- rociado requerido. Deberán estar perfectamente so -- portadas para que no se altere su funcionamiento -- en caso de fuego, explosión o descarga del sis -- tema. Se deberá prever la incrustación de la bo -- quilla con material del proceso y en caso necesa -- rio, se deberán usar boquillas con tapón que se -- han diseñado especialmente para estos usos. En la -- fig. 7.1 se muestran dos tipos comunes de boqui -- llas utilizadas para la descarga de  $CO_2$ .





BOQUILLA TIPO 'CANASTA'.



BOQUILLA TIPO 'L'.

FIG.7.1 TIPOS DE BOQUILLAS.

El mantenimiento requerido por los sistemas de protección especial varían para cada uno de los tipos, pero en general consiste en la revisión periódica de:

- Cantidad del agente extintor disponible.
- Fugas en conexiones sujetas a presión.
- Correcto funcionamiento de alarmas.
- Limpieza de equipo o piezas críticas.
- Efectividad del agente extintor (p.ej que las soluciones de espuma se encuentren en buenas condiciones).

Siempre es recomendable el realizar una prueba para comprobar el buen funcionamiento de todo el equipo cuando se ha concluido la instalación de un nuevo sistema de protección especial.

### 7.1.- BIOXIDO DE CARBONO.

El bióxido de carbono es no tóxico, no corrosivo, inerte, no conductor de la electricidad. No deja residuos, su densidad de vapor es de 50% aproximadamente mayor que la del aire. El bióxido de carbono que se utiliza como agente de extinción se almacena en forma líquida bajo su propia presión de vapor utilizada también para la descarga.

Cuando el bióxido de carbono líquido bajo presión se descarga a la atmósfera a través de una boquilla, este cambia su estado físico a sólido y gas formando una nube blanca de partículas de hielo seco y vapor de agua condensada del aire atmosférico.

El peligro del bióxido de carbono en las concentraciones usadas en extinción de fuegos son las de sofocación y visibilidad reducida. En sistemas de inundación total, se deberá instalar una alarma de pre-descarga y un programador de tiempo para permitir la evauación del personal antes de que se realice la descarga total.

El bióxido de carbono extingue el fuego al reducir oxígeno de la atmósfera hasta un punto en donde ya no puede continuar la combustión. El hecho de reducir el contenido de oxígeno atmosférico del 21% normal a un 15%, extingue la mayoría de los fuegos, aunque para algunos materiales se deberá reducir a un 0% o menos.

El efecto de enfriamiento por el  $\text{CO}_2$  para la extinción de fuegos es casi insignificante.

7.1.1.- Los sistemas a base de bióxido de carbono se pueden dividir por la presión a la que operan como:

**ALTA PRESION:** Este tipo de sistemas usan bióxido de carbono almacenado en cilindros a temperatura ambiente, la presión a  $25^\circ\text{C}$ , es de 850 psig aproximadamente.

**BAJA PRESION:** Los sistemas de baja presión utilizan bióxido de carbono almacenado en tanques aislados térmicamente y refrigerados a  $-30^\circ\text{C}$ , la presión en estos es de 300 psig, aproximadamente.

Estos sistemas pueden ser de inundación total, aplicación local, línea - manguera o de ca-

bezal con suministro móvil, cada uno teniendo las características que se muestran en la tabla 7.2.

### 7.1.2.- LIMITES DE TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO.

Para cilindros que se usen en aplicación local, las temperaturas de almacenamiento deben estar en el rango de 0 a 50°C. Para cilindros usados en inundación total, los límites son de -10 a 55°C. Se deberá usar calentamiento o enfriamiento para conservar la temperatura dentro de estos límites.

A los tanques de baja presión se les debe proporcionar la refrigeración y el aislamiento adecuados para mantener al bióxido de carbono a -18°C.

### 7.1.3.- TAMAÑOS DE TUBERIAS Y BOQUILLAS.

Al actuar o dispararse un sistema, lo primero que fluye de bióxido de carbono por la tubería se evapora mientras se alcanza un equilibrio entre las temperaturas de la tubería y la del CO<sub>2</sub>. La cantidad evaporada y el tiempo que transcurre para alcanzar el equilibrio y flujo uniforme dependen de la velocidad de flujo, la temperatura de almacenamiento, temperatura, longitud, tamaño y material de construcción de la tubería. Se deberá ajustar la cantidad almacenada y la velocidad de flujo para compensar la evaporación excesiva y el retraso en tiempo para alcanzar el flujo de equilibrio.

Los tamaños de tubería y boquillas se seleccionan para obtener la velocidad de flujo deseado, utilizando el siguiente procedimiento.

- 1.- Determine la velocidad de descarga deseada -- para el riesgo.
- 2.- Seleccione los tamaños de tuberías y divida la tubería en secciones del mismo tamaño y velocidad de flujo identificando cada sección.
- 3.- Determine la localización, en campo, de la tubería y las boquillas.
- 4.- Determine la longitud equivalente de cada sección. Las longitudes equivalentes de válvulas y accesorios se determinan por los métodos con convencionales.
- 5.- Utilizando las cartas de flujo del bióxido de carbono proporcionadas por el fabricante, de terminar la presión al final de cada sección - empezando del recipiente de almacenamiento y - haciendo los ajustes por cambios en elevación - que puedan afectar significativamente a la velocidad de flujo. Los cambios nominales en ele vación tienen poco efecto en la presión terminal.
- 6.- Si la presión en cualquier boquilla es menor - de 300 psia para sistemas de alta presión o me nor de 150 psia para baja presión, se deberá - hacer una revisión de la tubería.
- 7.- Usando la carta de flujo de orificio del fabri ca nte, determine el tamaño de orificio de la - boquilla o el número de clave necesario para - elevar la velocidad de flujo deseada a la presión de la boquilla. Cuando el tamaño de boqui lla disponible más cercano es mayor que el requerido, se deberá volver a calcular el sistema para estar seguros de que la tubería puede - manejar la velocidad de flujo y proporcionar -

la presión mínima especificada para la boquilla.

#### 7.1.4.- INUNDACION TOTAL.

Los sistemas de inundación total (fig. - 7.2.), descargan bióxido de carbono a espacios cerrados a través de boquillas fijas conectadas por tuberías a la unidad de suministro.

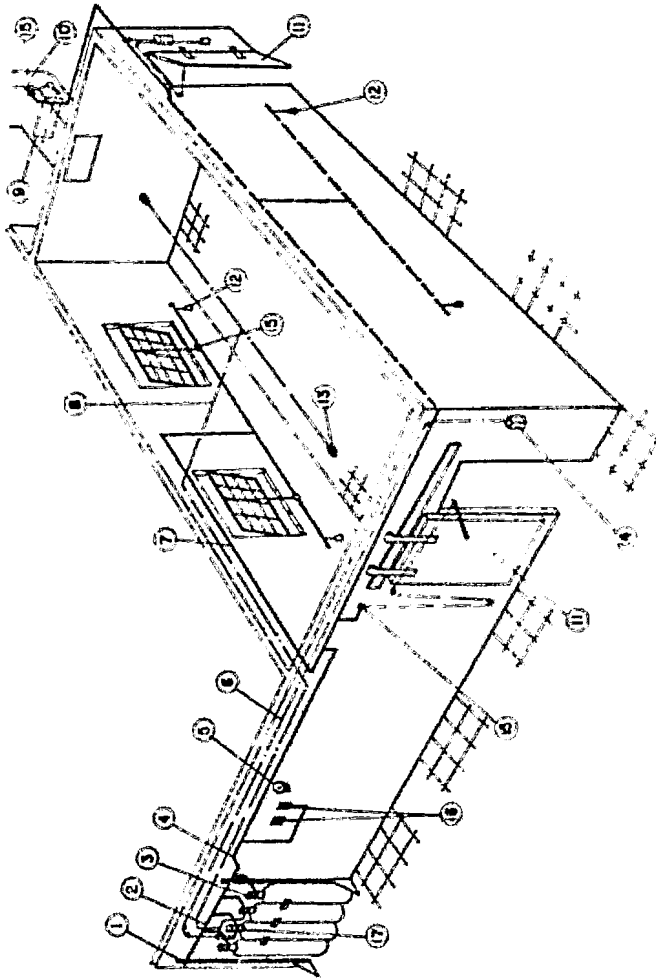
Estos sistemas se utilizan en cuartos, - secadores, maquinaria encerrada y otros espacios - similares que contengan materiales extingüibles - por  $\text{CO}_2$ . Sólo se requiere una cantidad de bióxido de carbono tal que baje la concentración de oxígeno a un nivel no inflamable ni explosivo en caso - de fugas.

#### ESPACIOS CERRADOS.

Para una inundación total efectiva, el - espacio debe estar razonablemente bien cerrado, to - das las áreas abiertas deberán cerrarse automática - mente y el equipo de ventilación parar también en - automático al momento de iniciarse la descarga, de - otra forma, se deberá proveer una cantidad adicional - de  $\text{CO}_2$  para compensar la cantidad perdida.

Los dispositivos para cerrar automáticamente las áreas abiertas deberán soportar la pre - sión de descarga del sistema de  $\text{CO}_2$ . Todos los - transportadores, bombas de líquidos inflamables, - mezcladores o equipo eléctrico deberán pararse automáticamente al iniciar la descarga.

Las áreas abiertas que no tengan dispositi - vos de cierre deberán ser menores al 3% en volu-



- 1 Estructura de los cilindros.  
 2 Cabezal de las cámaras  
 3 Cabezal de descarga operada por presión  
 4 Combinación flexible  
 5 Alarma  
 6 Caba de control remoto de subesta  
 garantizada a tubo conduit.  
 7 Tubos para mezcla de carbón.  
 8 Tubing del actuador  
 9 Membrana que cierra automáticamente  
 operada por presión.

- 10 Ducto extractor de aire  
 11 Puerta contra incendios.  
 12 Baguilla  
 13 Achicador en el techo  
 14 Coje de control remoto  
 15 Carrilla operada por presión para entrar la manopala,  
 la puerta contra incendios y las ventanillas  
 16 Interruptores operados por presión para sonar la alarma y  
 parar el ventilador.  
 17 Cabezal de control neumático con control manual local

FIG. 7.2 SISTEMA DE INUNDACION TOTAL TIPICO PARA CUARTO ENCERRADO.

men del espacio cerrado 0 al 10% del área total - del espacio cerrado (incluyendo piso, techo y pare des del mismo); aplicando el menor de los dos valo res para fuegos que involucren líquidos inflama - - bles. Si estos límites se exceden, se deberán rea - lizar pruebas de concentración para verificar el - sistema.

El bióxido de carbono no se deberá des - cargar al interior de recipientes de líquidos in - flamables por inundación total ya que los vapores - pueden escapar creando una atmósfera explosiva en - el exterior. En este caso, la descarga deberá ser externa, por aplicación local hacia las áreas de - comunicación.

Aunque casi siempre se cuenta con espa - cios para desalajo de presión (porosidad en pare - des o espacios libres alrededor de puertas o venta - nas), para construcciones extremadamente encerra - das, se deberán prever alivios de presión que debe - rán cerrar automáticamente cuando la presión haya - bajado a un nivel seguro.

#### CANTIDAD DE BÍOXIDO DE CARBONO PARA FUEGOS DE SUPERFICIE.

Las concentraciones mínimas de diseño de bióxido de carbono para la extinción de líquidos - inflamables de uso común en la industria de termo - plásticos, se muestran en la tabla 7.3, para datos sobre otros materiales, se deberá consultar la bi - bliografía (ref. 1).

Los factores de volumen para calcular - las cantidades básicas de  $CO_2$  para materiales que - requieren concentraciones de "diseño de hasta 34%, - se muestran en la tabla 7.4.



TABLA 7.3

CONCENTRACION MINIMA DE DISEÑO PARA LIQUIDOS INFLAMABLES DE USO COMUN EN LA MANUFACTURA - DE TERMOPLASTICOS .

MATERIAL	% DE BIOXIDO DE CARBONO
DOWTHERM	40
ETHER ETILICO	46
GASOLINA	34
HEXANO	35
PENTANO	35
ACEITES DE LUBRICACION	34

TABLA 7.4.

FACTORES DE VOLUMEN PARA FUEGOS DE SUPERFICIE

ESPACIO M <sup>3</sup>	FACTOR DE VOLUMEN M <sup>3</sup> /Kg.	BIOXIDO DE CARBONO MI NIMO Kg.
HASTA - 4	0.87	
4 - 14	0.94	4.5
14 - 45	1.0	16.0
45 - 130	1.12	45.0
130 - 1400	1.25	113.5
MAS DE 1400	1.37	113.5

Para materiales que requieren una concentración de diseño mayor de 34%, la cantidad básica calculada del punto anterior, se deberá multiplicar por el factor de conversión apropiado de la fig. 7.3.

Cuando existen espacios abiertos sin protección, se deberá proporcionar medio gramo de  $\text{CO}_2$  adicional por cada centímetro cuadrado de área abierta, para compensar las fugas.

Cuando el espacio encerrado se encuentra arriba de  $93^\circ\text{C}$ , se deberá considerar un 1% adicional de  $\text{CO}_2$  por cada  $3^\circ\text{C}$  en exceso de los  $93^\circ\text{C}$  basados en la cantidad total recomendada. De la misma forma, para lugares que se encuentren normalmente a temperaturas menores de  $18^\circ\text{C}$ , se deberá proporcionar un 1% adicional de  $\text{CO}_2$  por cada  $0.5^\circ\text{C}$  abajo de los  $-18^\circ\text{C}$ .

#### CANTIDAD DE BLOXIDO DE CARRONO PARA FUEGOS SIN FLAMA.

Las concentraciones mínimas de diseño - así como los factores de volumen de algunas condiciones comunes la industria de los termplásticos, capaces de producir fuegos sin flama, se muestran en la tabla 7.5.

Para condiciones extremas de temperatura arriba de  $93^\circ\text{C}$  o abajo de  $-18^\circ\text{C}$ , se deberá proporcionar una cantidad adicional de  $\text{CO}_2$  de acuerdo a lo que se menciona para fuegos de superficie.

#### VELOCIDAD DE DESCARGA PARA FUEGOS DE SUPERFICIE.

Para fuegos de superficie, la concentración mínima de diseño se deberá alcanzar dentro -

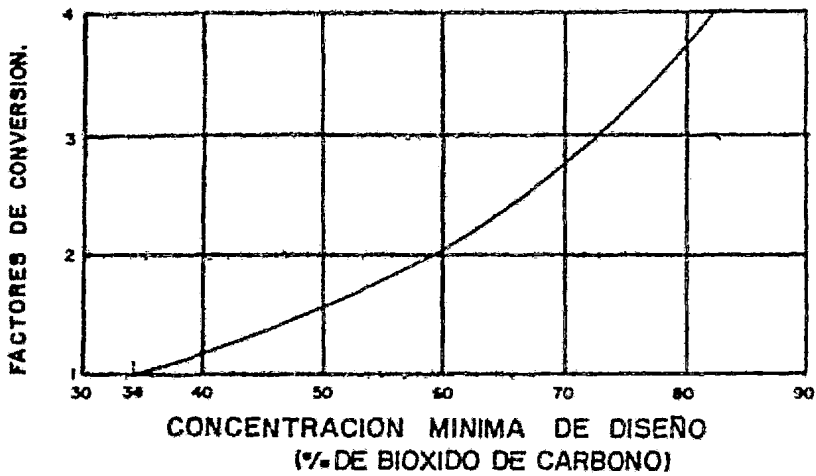


FIG.7.3 FACTORES DE CONVERSION PARA MATERIALES QUE REQUIERAN MAS DEL 34% DE CONCENTRACION MINIMA DE DISEÑO.

del primer minuto después de que se ha iniciado la descarga. En sistemas de alta presión, en donde el retraso para alcanzar el flujo de equilibrio es generalmente insignificante, la velocidad de descarga, será la cantidad total recomendada dividida en 1 min. En sistemas de baja presión, el retraso y la cantidad de  $\text{CO}_2$  evaporada al enfriar la tubería, se deberán calcular y la velocidad de flujo en equilibrio se deberá ajustar para que envíe la cantidad deseada dentro del primer minuto. El retraso en tiempo y la cantidad evaporada, se pueden calcular de la siguiente forma:

Retraso en tiempo (baja presión):

$$Rt = \frac{w C_p (T_1 - T_2) + 1050 V}{0.913 R} \quad (7.1)$$

Cantidad evaporada en peso (alta o baja presión):

$$W = \frac{w C_p (T_1 - T_2)}{H} \quad (7.2)$$

En donde:  $Rt$ : Retraso en tiempo (seg).

$W$ : Pérdida de  $\text{CO}_2$  evaporado (lb).

$w$ : Peso de la tubería (lb), ver tabla-  
7.0

$C_p$ : Calor específico del material de construcción de la tubería (0.11 para acero).

$T_1$ : Temperatura promedio de la tubería antes de la descarga ( $^{\circ}\text{F}$ )

$T_2$ : Temperatura promedio del  $\text{CO}_2$  ( $^{\circ}\text{F}$ ).

(Suponer 60°F para sistemas de alta presión y -5°F para baja presión bajo condiciones normales).

R: Velocidad de flujo de diseño (lb/min).

V: Volumen de la tubería (ft<sup>3</sup>), ver tabla 7.6.

H: Calor latente de vaporización del CO<sub>2</sub> líquido (Btu/lb).

(64 Btu/lb para sistemas de alta presión y 120 Btu/lb para baja presión).

TABLA 7.5.  
FACTORES DE VOLUMEN PARA FUEGOS  
SIN FLAMA

CONCENTRACION DE DISEÑO.	FACTORES DE VOLUMEN	FUENTE DE RIESGO.
%	M <sup>3</sup> /kg.	
50	0.75	Equipo eléctrico y alambrado en espacios cerrados de más de 50 m <sup>3</sup> de volumen.
50	0.60	Equipo eléctrico y alambrado en espacios cerrados de menos de 50 m <sup>3</sup> de volumen
65	0.5	Ductos
65	0.5	Cuartos de almacenamiento

NOTA: Para lugares listados en esta tabla donde se haya instalado sistemas de protección de CO<sub>2</sub> automáticos, no se requiere instalación adicional de sistemas de rociadores siempre y -

cuando los materiales de construcción del edificio sean no combustibles y los rociadores no sean requeridos para la protección de otros elementos específicos.

TABLA 7.6  
PESO Y VOLUMEN DE TUBERIA DE ACERO

TAMAÑO NOMINAL DE LA TUBERIA. PULGADAS.	CEDULA 40		CEDULA 80	
	PESO lb/ft	VOLUMEN (ft <sup>3</sup> /ft)	PESO lb/ft	VOLUMEN ft <sup>3</sup> /ft
1/2	0.85	0.0021	1.08	0.0016
3/4	1.13	0.0037	1.47	0.003
1	1.68	0.006	2.17	0.005
1 1/4	2.27	0.010	3.00	0.009
1 1/2	2.72	0.014	3.63	0.012
2	3.65	0.023	5.02	0.021
2 1/2	5.79	0.033	7.66	0.029
3	7.58	0.051	10.25	0.046
3 1/2	9.11	0.068	12.50	0.062
4	10.79	0.088	14.98	0.080
5	14.62	0.139	20.78	0.126
6	18.97	0.201	28.57	0.181

VELOCIDAD DE DESCARGA PARA FUEGOS SIN FLAMA.- Para fuegos sin flama, la velocidad de descarga de los sistemas de inundación total, deberá ser suficiente para proporcionar un 30% de concentración ( $0.042 \text{ lb/ft}^3$ ) dentro de los primeros 2 min.

VELOCIDAD DE DESCARGA PARA COMBINACION DE SISTEMAS.- En localizaciones donde una parte del riesgo esta protegida por sistemas de aplicación local y otra parte por sistema de inundación, la velocidad de descarga para la inundación total, se deberá determinar de la siguiente forma:

- Para baja presión, la velocidad de descarga en inundación total, deberá alcanzar la concentración recomendada dentro del tiempo de descarga nominal, para la sección local (1/2 min).
- Para alta presión, la velocidad de descarga de inundación total, se deberá calcular:

$$R_{tf} = \frac{W_{tf}}{1.4 T_{1a}} \quad (7.3)$$

En donde:

$R_{tf}$ : Velocidad de descarga de la parte de inundación total (lb/min).

$W_{tf}$ : Cantidad total de la parte de inundación total (lb).

$T_{1a}$ : Tiempo de descarga nominal para la parte de aplicación local (min.), normalmente corresponde a 0.5 min.

Cuando la cantidad de  $\text{CO}_2$  requerida por la aplicación local es muy pequeña comparada con la correspondiente a inundación total, puede ser más práctico extender el tiempo de descarga de la aplicación local tendiendo hacia el de inundación total, proporcionando una cantidad extra de  $\text{CO}_2$ .

**PERIODO DE SEGURIDAD.**— Los fuegos de superficie, se extinguen por los sistemas de inundación total al alcanzar la concentración de diseño y al mantener esta concentración aumenta el factor de seguridad. De cualquier forma, en espacios cerrados, la concentración permanecerá por algún tiempo, por lo que no hay especificación para un período de seguridad.

Para fuegos sin flama, excepto en ductos la concentración de diseño, se deberá mantener durante un cierto período de tiempo para asegurar la extinción. Los períodos de seguridad para máquinas eléctricas rotatorias están descritos en el siguiente punto. El período de seguridad para espacios encerrados en donde se encuentran materiales combustibles almacenados y que tienden a propiciar el fuego sin flama es de 30 min.

Estas áreas no se deberán abrir para examinarse hasta que haya concluído el período de seguridad.

#### 7.1.5.— APLICACIONES ESPECIALES DE INUNDACION TOTAL.

**MAQUINAS ELECTRICAS ROTATORIAS.**— Se deberá alcanzar una concentración mínima de  $\text{CO}_2$  de 30% dentro del primer minuto. La concentración de diseño de 50% se deberá alcanzar durante la prime-



ra parte de la descarga y se deberá mantener una concentración de al menos 30% durante el período de decaimiento de la descarga, pero no menos de 20 min.

Normalmente es necesario extender el tiempo de descarga de  $\text{CO}_2$  para mantener la concentración recomendada durante el tiempo de decaimiento.

COMPUTADORAS ELECTRONICAS.- El arreglo con mejores resultados es el de inundación total del cuarto en cuestión, además de cualquier espacio inferior o superior a donde se encuentra el equipo.

En los casos en que no sea practica la inundación total de todo el cuarto, se podrá proporcionar una protección aceptable inundando únicamente gabinetes seleccionados, así como espacios que contengan cables agrupados.

La cantidad de  $\text{CO}_2$  para el cuarto de computadora deberá proporcionar una concentración de diseño de 50% y deberá ser determinada de la tabla 7.5.

#### 7.1.6. APLICACION LOCAL.

Los sistemas de aplicación local descargan  $\text{CO}_2$  directamente al lugar de peligro (que no se encuentra encerrado) por medio de boquillas fijas conectadas a un suministro de bióxido de carbono.

Estos se usan en alcantarillas, tanques de almacenamiento, molinos rotatorios, transformadores y boquillas de acceso a tanques de proceso con materiales inflamables.

Los sistemas de aplicación local no se recomiendan para fuegos sin flama. Los lugares con vientos fuertes, deberán tener una consideración especial.

La protección deberá diseñarse para cubrir el principal peligro y además cualquier combustible aledaño que pueda esparcir el fuego.

Todo el equipo cercano o relacionado a la parte del proceso que se está protegiendo con este tipo de sistemas, deberá estar interconectado de tal forma que se pare al accionarse el sistema de protección, por ejemplo, bombas que manejen líquidos inflamables, transportadores, ventiladores, etc.

**CANTIDADES DE BIXIDO DE CARBONO:** El  $\text{CO}_2$  necesario para aplicación local, se encuentra al multiplicar la velocidad de flujo total por el tiempo de descarga mínimo (1/2 min.).

Para alta presión, la cantidad calculada deberá ser aumentada en un 40% para compensar el hecho de que sólo el 70% del contenido del cilindro es descargado como líquido y considerado efectivo. Este incremento no es necesario para la parte de inundación total en sistemas combinados.

Cuando la vaporización que antecede al flujo en equilibrio es un factor significativo (esto sucede generalmente en baja presión), la cantidad calculada de  $\text{CO}_2$  deberá aumentarse por la cantidad evaporada, usando la ecuación 7.2.

**VELOCIDAD DE DESCARGA.**- La velocidad total de descarga para aplicación local, es la suma de las velocidades de cada boquilla individual. La velocidad en la boquilla deberá ser determinada

por el método de área o el de volumen descritos en los siguientes puntos.

**METODO DE AREA.**- El método de área para aplicación local se utiliza en riesgos principal - mente en superficies planas que pueden ser fácilmente medidas.

Las velocidades de descarga y el espacio entre boquillas individuales deberá estar basado - en datos de reportes aprobados.

Las boquillas superiores deberán estar - espaciadas de tal forma que, la distancia entre boquillas no sea mayor que la raíz cuadrada del área que se está protegiendo y además, la distancia de la boquilla al punto más cercano de peligro, no deberá ser mayor que la mitad de la distancia entre boquillas.

Las boquillas superiores deben estar generalmente en forma perpendicular al lugar de peligro y centrada sobre el área que está siendo protegida por las boquillas. También, se deben instalar a ángulos mayores de  $45^{\circ}$  del plano de la superficie de peligro. La altura utilizada para determinar la velocidad de flujo necesario y el área cubierta, deberá ser la distancia de la boquilla al punto donde se dirige la descarga, sobre la superficie protegida. Para determinar la distancia de boquillas colocadas en ángulo hacia el punto más cercano del área de peligro, se multiplica la amplitud de cobertura de área de la boquilla, por el factor de dirección apropiado de la tabla 7.7.

Al localizar las boquillas, se debe evitar la interferencia en los patrones de descarga.- En lugares donde se puedan tener corrientes de --

aire o vientos que puedan interferir en la descarga, se deberá reducir el espacio entre boquillas o se deberán instalar boquillas adicionales para asegurar una cobertura apropiada.

Para aberturas que están siendo protegidas por boquillas con malla, así como lugares de acceso a recipientes con líquidos inflamables, la velocidad de descarga deberá estar basada en el área de abertura. El área de cobertura de la boquilla, podrá ser aumentada en 20%. Las boquillas deberán instalarse para descargar a través de la abertura y la cubran completamente con el patrón de descarga.

**METODO DE VOLUMEN.**— El método de volumen se utiliza para lugares peligrosos que tienen configuraciones complejas, sin barreras físicas, tales como transformadores, molinos, etc., o para lugares peligrosos que tengan barreras parciales con aberturas muy grandes para sistemas de protección de inundación total.

La velocidad de descarga se determina de la tabla 7.8. Se ha supuesto una base sólida, sin techo y sin paredes, los límites son imaginarios y contienen exactamente al lugar de riesgo. La base debe medir al menos 61 cm., en cada dirección y tener al menos la misma altura que el punto de riesgo más alto (1.20 m., mínimo). La longitud de la pared imaginaria será al menos de 25% del perímetro de la base.

Cuando una pared alcance todos estos requisitos, las paredes adyacentes que alcancen los requerimientos excepto la longitud, se deberán incluir para determinar el porcentaje de perímetro -

que está encerrado. Las longitudes de paredes opuestas se deberán sumar si el total es de al menos 50% del perímetro. De otra forma sólo una pared deberá ser considerada.

Cuando el perímetro esté 100% encerrado, la velocidad de descarga deberá calcularse con el área de la base (tabla 7.8).

Las paredes con más del 10% de aberturas no podrán ser consideradas como límite de un lugar encerrado. Para aberturas de 10% o menos en cualquier pared se deberán proporcionar 2 lb/min/ft<sup>2</sup> de abertura adicionales de CO<sub>2</sub>.

Si existen aberturas en la base de lugares parcialmente cerrados que excedan del 3% del área total de la base, se deberá usar el método de área para el cálculo de la protección. Para aberturas de 3% o menos en la base, se deberá proporcionar una cantidad adicional de CO<sub>2</sub> en 10 lb/min/ft<sup>2</sup> de abertura.

Aunque las boquillas no pueden ser espaciadas estrictamente de acuerdo con su cobertura de área aprobada cuando se diseña por el método de volumen, deberán localizarse y dirigirse para producir una concentración de extinción sobre la superficie húmeda y a través del volumen de peligro. Cuando existe interferencia por viento con el patrón de descarga, se deberá poner especial atención a la localización de las boquillas para asegurar una cobertura apropiada.

**TIEMPO DE DESCARGA.**— El tiempo de descarga mínima es de 30 segundos para calcular la cantidad

TABLA 7.7.

FACTOR DE DIRECCION PARA BOQUILLAS INSTALADAS EN  
ANGULO.

ANGULO DE DESCARGA (*)	FACTOR DE DIRECCION (**)
45 - 60°	1/4
60 - 75	1/4 - 3/8
75 - 90	3/8 - 1/2
90	1/2

(\*) DEL PLANO DE LA SUPERFICIE PROTEGIDA

(\*\*) FRACCION DE AMPLITUD DE COBERTURA DE AREA DE LA BOQUILLA.

TABLA 7.8

VELOCIDAD DE DESCARGA PARA LUGARES SEMI-CERRADOS--  
METODO DE VOLUMEN

% DE PERIMETRO ENCERRADO	V E L O C I D A D	
	lb/min./ft <sup>3</sup>	lb/min/ft <sup>2</sup>
0 - 24	2.0	
25 - 49	1.5	
50 - 74	1.0	
75 - 99	1.2	
100		5.0

dad de bióxido de carbono en sistemas de aplicación local.

## 7.2.- POLVO QUIMICO SECO.

El número de sistemas de polvo químico seco aprobados en la actualidad por laboratorios de pruebas reconocidos, es limitado y las normas detalladas de instalación no se cubren en este trabajo. Para diseño, se deberá basar en las características generales de los sistemas de polvo químico seco que aquí se mencionan así como en las características específicas que se indican en los reportes de aprobación.

### 7.2.1.- PROPIEDADES DEL POLVO QUIMICO SECO.

El polvo químico seco que se utiliza en sistemas aprobados es principalmente bicarbonato de sodio en partículas muy finas, al cual se le han añadido otros ingredientes para conservarlo como sólido suspendido y resistir el efecto de la humedad que lo haría asentarse y difícil de fluir a través de la tubería.

Los peligros del polvo químico en las concentraciones que se usan para combatir incendios es que se presentan dificultades para respirar y una visibilidad reducida. En los sistemas de inundación total, se deberá proveer los medios necesarios para la evacuación del personal. En sistemas de aplicación local, en donde no se conserva una alta concentración, existe poco peligro.

Existen varias teorías sobre como el polvo químico se extingue al fuego, siendo la más

aceptada (como se vió en el primer capítulo de este trabajo), el efecto de inhibición del polvo sobre la reacción en cadena de la combustión.

### 7.2.2.- TIPOS DE SISTEMAS DE POLVO QUIMICO SECO.

Existen dos tipos básicos de sistemas de polvo químico seco:

**CILINDRO O CARTUCHO DE GAS.**- Consiste de un recipiente que contiene gas, al dispararse ya sea manual o automáticamente, presiona al recipiente de polvo químico y este es transportado por el gas a través de la tubería.

**ALMACENADO A PRESION.**- El recipiente de polvo químico, se encuentra continuamente bajo presión de nitrógeno.

Los sistemas pueden ser de inundación total, aplicación local, línea-manguera o de tubería fija con suministro móvil.

### 7.2.3.- INSTALACION - DISEÑO Y ARREGLO DE EQUIPO.

Los sistemas pueden ser:

**DE DISEÑO ESPECIAL.**- En este tipo de sistemas, se calcula la velocidad de flujo y la cantidad de polvo químico, así como el tamaño de la tubería y las boquillas para un peligro específico.

**DE PAQUETE (PRE-DISEÑADO).**- Para estos sistemas no se requieren los cálculos anteriores.- Este tipo de sistemas se utiliza para peligros que se encuentren dentro de las limitaciones físicas especificadas en los reportes de aprobación.



#### 7.2.4.- LIMITES DE TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO.

Los tanques de polvo químico que tienen el gas separado y usan nitrógeno, deben localizarse en lugares que no alcancen temperaturas mayores de  $60^{\circ}\text{C}$  o menores de  $-30^{\circ}\text{C}$ . Cuando se utilice bióxido de carbono como gas, las temperaturas correspondientes son de  $50^{\circ}\text{C}$  y  $0^{\circ}\text{C}$ . Para unidades almacenadas a presión, la temperatura no deberá ser mayor de  $50^{\circ}\text{C}$  ni menor de  $-30^{\circ}\text{C}$ .

#### 7.2.5.- TAMAÑO DE TUBERIA Y BOQUILLAS.

El tamaño de la tubería y las boquillas depende de la presión de descarga de la unidad de polvo químico, de la presión en la boquilla y de la velocidad de flujo. Todos estos puntos están inter-relacionados y se pueden balancear para proporcionar un sistema correcto. Se conocen ciertas limitaciones de velocidad de flujo y caída de presión para varios tamaños de boquillas por lo que el diámetro de la tubería se deberá ajustar a dichas limitaciones. Los tamaños se deberán determinar de acuerdo a lo que se indique en los reportes aprobados.

#### 7.2.6.- INUNDACION TOTAL CON POLVO QUIMICO.

Los sistemas de inundación total descargan polvo químico a espacios cerrados a través de boquillas fijas conectadas por medio de tubería a un suministro (fig. 7.4). Estos sistemas son adecuados para fuegos que involucran líquidos inflamables y otros materiales que propicien fuegos de superficie, no sujetos a fuegos sin flama. Los espacios abiertos se deberán cerrar al momento en que se inicie la descarga. Todos los equipos de -

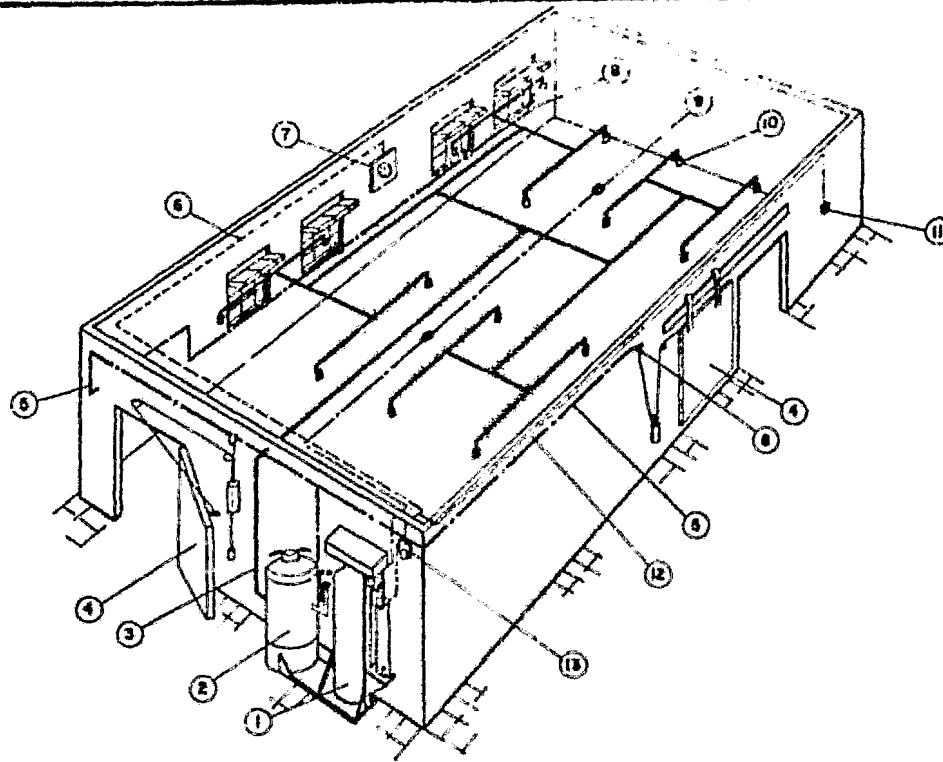
ventilación, transportadores, bombas que manejan - líquidos inflamables y mezcladores, deberán estar - interconectados para que se paren automáticamente - al descargarse el sistema. Debido a que la extin - ción es transiente, estos sistemas no se deberán - usar cuando se puede anticipar una reignición.

#### 7.2.7.- APLICACION LOCAL.

Los sistemas de aplicación local descar - gan el polvo químico directamente al fuego a tra - vés de boquillas fijas conectadas por tubería a un suministro. Estos sistemas se recomiendan para fue - gos que involucran líquidos inflamables, tales co - mo tanques de almacenamiento y no se recomiendan - para fuegos sin flama. Este tipo de sistemas se - deberán diseñar para que cubran combustibles adya - centes adicionalmente del riesgo primario. Como en el caso anterior, todo el equipo de ventilación o - transportación deberá estar interconectado para - que se pare al dispararse el sistema. La cantidad - y velocidad de flujo necesario se deberá determi - nar en base a los reportes aprobados para cada ca - so específico.

#### 7.3.- ESPUMA.

Los sistemas de extinción por espuma han sido usados ampliamente durante muchos años contra fuegos de líquidos inflamables. El campo de aplica - ción ha crecido en los últimos años para incluir - el control de fuegos, como aislamiento de tanques - y equipo de proceso contra exposición de fuegos, - así como la extinción de fuegos en materiales ordi - narios. El diseño deberá basarse en las caracterís - ticas generales de los sistemas de espuma que aquí



- 1. Recipiente de gas.
- 2. Recipiente de polvo químico seco.
- 3. Tubería de descarga de polvo químico.
- 4. Puerta contra incendios.
- 5. Tubería de gas para carrillos de puertas y ventanas.

- 6. Pano eléctrico y circuito de alarma.
- 7. Ventilador (se pone al actuar el sistema).
- 8. Carrillos actuados por presión (abren puertas y ventanas al actuar el sistema).
- 9. Detector actuado por calor.

- 10. Noquilla de inundación.
- 11. Caja de actuación manual remota.
- 12. Tubing de actuación neumático.
- 13. Alarma.

FIG.7.4 SISTEMA DE INUNDACION TOTAL DE POLVO QUIMICO SECO.

se mencionan y en las características específicas dadas por los fabricantes o los reportes de aprobación de las agencias de prueba.

### 7.3.1.- TIPOS DE ESPUMAS.

La espuma es un fluido agregado de pequeñas burbujas llenas de gas o aire que flota sobre los líquidos inflamables y fluye sobre superficies sólidas. Se puede hacer que tenga varios grados de persistencia, adherencia, permeabilidad, facilidad de flujo y opacidad. Estas propiedades normalmente se diseñan para aplicaciones específicas del sistema.

Las espumas se clasifican como QUIMICA y MECANICA (también conocida como espuma de aire), de acuerdo a la forma en que se producen. Cada una a su vez es clasificada de acuerdo a lo adecuado que sea su uso para diferentes líquidos inflamables como tipo regular o especial. Algunos líquidos inflamables causan ruptura de la espuma en varios grados debido a su miscibilidad con el agua u otro constituyente de la espuma. En general, a este respecto, los alcoholes, esterres, cetonas y eteres, componen un grupo de líquidos inflamables y los hidrocarburos (que contienen únicamente carbono e hidrógeno) otro. Las espumas especiales se formulan para el grupo soluble en agua, mientras que las espumas regulares se utilizan para el grupo de hidrocarburos.

1.- ESPUMA QUIMICA.- La espuma química se produce por la reacción del sulfato de aluminio con el bicarbonato de sodio en presencia de agua y agentes espumantes,

las burbujas que se producen contienen  $\text{CO}_2$  como gas. Los materiales para hacer espuma química, se pueden obtener como:

**POLVO DOBLE.**- Un polvo A (sulfato de Aluminio) y un polvo B (bicarbonato de sodio y agentes-espumantes).

**POLVO SENCILLO.**- Una mezcla de estos ingredientes en seco.

**SOLUCIONES.**- Soluciones almacenadas de estos polvos disueltos en agua por separado.

Los sistemas que utilizan lo arriba mencionado se describen en la tabla 7.9 y se ilustra uno de los sistemas en la fig. 7.5.

Los sistemas de espuma química generalmente se utilizan para extinción y no para control o protección contra exposición.

2.- **ESPUMA MECÁNICA.**- La espuma mecánica se obtiene al mezclar mecánicamente un concentrado de espuma líquida, agua y aire. Las burbujas que se producen contienen aire. El concentrado de espuma se alimenta al agua para formar soluciones de 1 1/2, 3 ó 6% dependiendo del tipo de concentrado y del equipo usado. Dos de los alimentadores comunes se muestran en las figuras 7.6. y 7.7.

Se pueden obtener sistemas de espuma mecánica que formen espumas con relaciones de expansión de 6: 1 hasta 1,000 : 1, basado en el volumen de espuma producida por unidades de volumen de solución de agua - concentrado.

TABLA 7.9 SISTEMAS DE PROTECCION BASADOS EN ESPUMA QUIMICA

TIPO DE SISTEMA	COMPUESTOS DE ESPUMA USADOS	PRODUCCION DE ESPUMA	APLICACION DE ESPUMA	ACTUACION DEL SISTEMA	PELIGROS PROTEGIDOS NORMALMENTE.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS PRINCIPALES.
SISTEMA GENERADOR DE ESPUMA QUIMICA DE POLVO SENCILLO.	POLVO QUIMICO SENCILLO, REGULAR Y ESPECIAL.	POLVO ALIMENTADO A UNA CORRIENTE DE AGUA EN UN GENERADOR SENCILLO. LA ESPUMA PRODUCIDA EN LA TUBERIA Y/O MANGUERA ENTRE EL GENERADOR Y LA CAMARA DE ENVIO DEL TANQUE.	CAMARA DE ENVIO MONTADA EN LA CORAZA DEL TANQUE. LA ESPUMA ES APLICADA POR LA PRESION DE LA CORRIENTE DE AGUA.	OPERACION MANUAL DE LAS VALVULAS DE CONTROL DE AGUA. EL POLVO SE INTRODUCE AL GENERADOR MANUALMENTE A TRAVES DE UN CONDO.	TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS INFLAMABLES VERTICALES EN EXTERIORES.	POCO REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA. LA LONGITUD DE LA TUBERIA ESTA LIMITADA PARA LAS CARACTERISTICAS DE FLUJO DE LA ESPUMA EXPANDIDA.
SISTEMA GENERADOR DE ESPUMA QUIMICA DE POLVO DOBLE.	POLVO QUIMICO DOBLE REGULAR.	LOS POLVOS SE ALIMENTAN A DOS CORRIENTES DE AGUA SEPARADAS EN UN GENERADOR DOBLE. LAS SOLUCIONES SE ALIMENTAN A UNA CAMARA DE ENVIO EN UN TANQUE DONDE SE PONEN EN CONTACTO PARA FORMAR LA ESPUMA.	CAMARA DE ENVIO MONTADA EN LA CORAZA DEL TANQUE. UNA PARTE INTEGRAL DE UNA CAMARA DE MEZCLADO DE SOLUCION. LA ESPUMA SE APLICA POR LA PRESION DE LA CORRIENTE DE AGUA.	SIMILAR AL SISTEMA DE POLVO SENCILLO.	SIMILAR AL SISTEMA DE POLVO SENCILLO.	MAYOR REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA. SE PERMITEN MAYORES DISTANCIAS DE TUBERIA YA QUE LA ESPUMA NO SE FORMA HASTA QUE SE ENCUENTRA EN EL PUNTO DE APLICACION.
ESPUMA QUIMICA DE SOLUCIONES ALMACENADAS EN RECIPIENTES.	SOLUCIONES ACLOSAS DE POLVOS "A" Y "B" REGULARES.	EN LOS METODOS MODERNOS, LAS SOLUCIONES SE ALMACENAN Y REACCIONAN EN UN RECIPIENTE A PRESION. LA ESPUMA SE PRODUCE EN EL RECIPIENTE Y LA TUBERIA	UNA O VARIAS BOQUILLAS DIRECTAMENTE A LA FUENTE DE PELIGRO. LA ESPUMA SE APLICA POR LA PRESION DE REACCION DEL CO2.	MANUAL O AUTOMATICO AL DESPARRAMAR EL MECANISMO.	TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PINTURAS, ACEITES, ETC.	MUY POCO REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA. UTILIZADO UNICAMENTE PARA PROTECCION LOCAL DE LUGARES CHICOS DEBIDO A LA CAPACIDAD LIMITADA DE LAS UNIDADES MODERNAS.

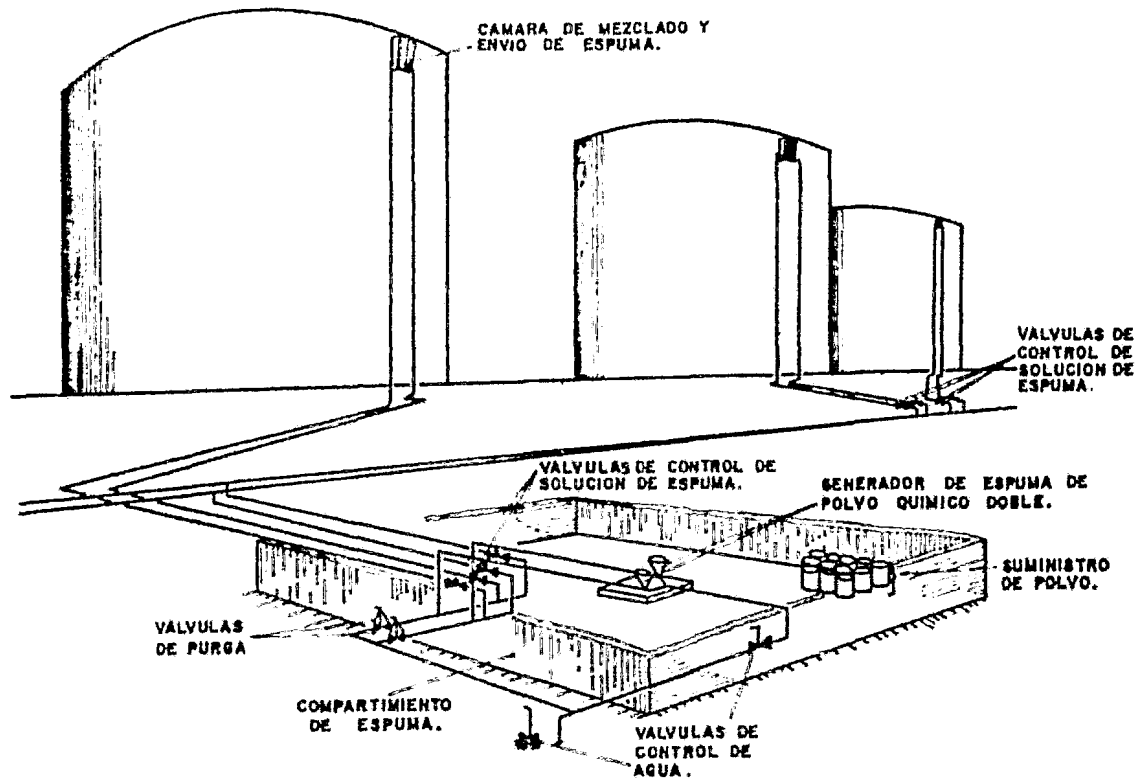


FIG.7.5 SISTEMA DE ESPUMA QUIMICA DE POLVO DOBLE PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO EN EXTERIORES.

SOLUCION DE AGUA CON  
ESPUMA LIQUIDA AL  
PRODUCTOR Y APLICADOR  
DE ESPUMA.

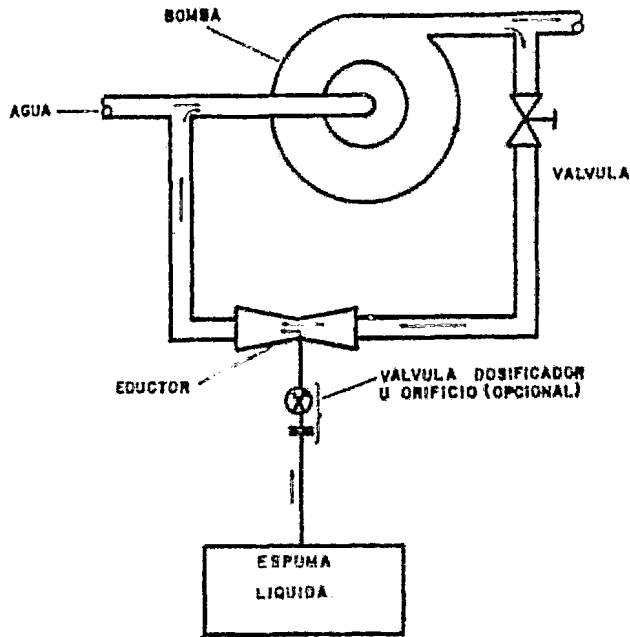


FIG. 7.6 ALIMENTADOR DE ESPUMA  
MECANICA DEL TIPO:  
'ALREDEDOR DE LA BOMBA'.

SOLUCION DE AGUA CON ESPUMA  
LIQUIDA AL PRODUCTOR Y APLICADOR  
DE ESPUMA.

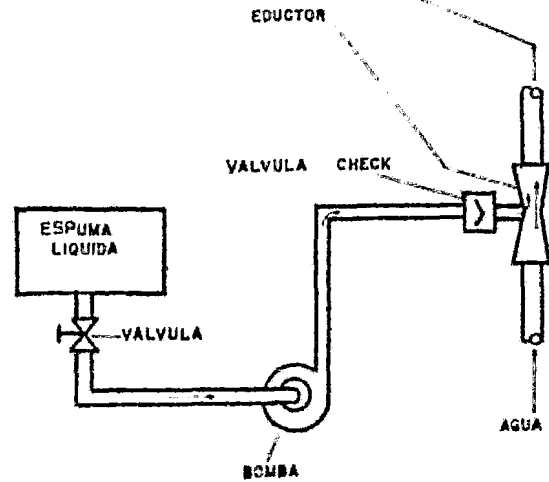


FIG 7.7 ALIMENTADOR DE ESPUMA  
MECANICA. ALIMENTADOR CON  
PRESION LATERAL Y EDUCTOR.



En este tipo de sistemas, la espuma se hace en un punto muy cercano al lugar de aplicación, que es donde se introduce aire al sistema, de esta forma se evitan los problemas de flujo asociados con la espuma expandida, adicionalmente pueden ser fácilmente adaptados para operación automática.

### 7.3.2.- LIMITES DE TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO.

Los materiales para hacer espuma química se deberán almacenar de preferencia en lugares que se encuentren en un rango de temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$  a  $32^{\circ}\text{C}$ . En ningún caso se deberán alcanzar temperaturas de almacenamiento menores de  $2^{\circ}\text{C}$  o mayores de  $38^{\circ}\text{C}$ . El concentrado de espuma mecánica se puede almacenar en lugares con un rango de temperatura de  $2^{\circ}\text{C}$  a  $43^{\circ}\text{C}$ .

### 7.3.3.- INUNDACION TOTAL.

El concepto de inundación total está limitado para espumas de una elevada relación de expansión. Estos sistemas se recomiendan para fuegos de líquidos inflamables y combustibles ordinarios.

Para estos sistemas se deberá proporcionar el medio adecuado para que pueda salir el aire desplazado por la espuma. Todo el equipo periférico deberá estar interconectado de tal forma que se pare al actuar el sistema. La cantidad y velocidad de flujo necesarios deberán calcularse para el peligro y área específicos.

### 7.3.4.- APLICACION LOCAL.

Estos sistemas se utilizan para tanques de almacenamiento de líquidos inflamables y alcantarillas. No se recomiendan para fuegos sin flama. Se-

deben diseñar de tal forma que cubran además del -- peligro principal, combustibles adyacentes a donde se pueda propagar el fuego.

Todo el equipo eléctrico cercano al lugar -- de peligro, deberá estar interconectado para parar -- al descargarse el sistema. La cantidad de espuma y la velocidad de flujo deberán calcularse para el -- área y peligro específicos.

La cantidad de material productor de espuma necesario depende del peligro y del equipo de espu -- ma usado. Generalmente varía de la cantidad sufi -- ciente para permitir la operación de 10 a 30 min.

#### 7.4.- ESPREADO DE AGUA.

Las boquillas portátiles de esreado se -- utilizan en combinación con los sistemas fijos pa -- ra manejar fuegos que se pueden propagar más allá -- de los límites de las boquillas fijas y para subs -- tituir cualquier boquilla destruida en el sistema. Las boquillas portátiles aprobadas, están diseña -- das para conectarse directamente a mangueras de -- 3/4, 1, 1 1/2 y 2 1/2 pulg. de diámetro. A la des -- carga de la boquilla se deberá tener una presión -- mínima de 30 psig. Las boquillas que se vayan a -- utilizar cerca de equipo eléctrico, no deberán es -- tar acopladas a piezas metálicas debido a la posi -- bilidad de contacto con partes energizadas.

##### 7.4.1.- INSTALACION DISEÑO Y ARREGLO DE EQUIPOS.

Las dimensiones de cada sistema de esprea -- do dependen de las características físicas y del -- riesgo de cada área, así como de los valores máxi -- mos que puedan ser tolerados sin protección por un -- lugar sin que sufra deterioro. Existen también va --

rias consideraciones económicas que gobiernan al arreglo de equipos.

#### 7.4.2.- DRENAJE.

Se deberá proporcionar drenaje al lugar de peligro para que se pueda depositar el líquido inflamable, que escape, en forma segura y evitar la propagación del fuego. Se pueden utilizar diques, gradas, trincheras o tuberías de drenaje. Es deseable contar con fosas cuando se tienen tanques con líquidos inflamables a temperaturas mayores de 100 °C, como medio para retener una ebullición causada por agua que penetre la superficie del líquido.

#### 7.4.3.- BOQUILLAS DE ESPREADO.

Las boquillas están diseñadas especialmente para romper una corriente sólida en pequeñas partículas de diversos tamaños. Entre más pequeñas sean las gotas, tendrán mayor efecto de enfriamiento debido a su mayor área de superficie, lo que propicia una mayor velocidad de absorción de calor. Para exteriores y otras aplicaciones en donde se tengan corrientes de aire, el espreado fino puede ser arrastrado y normalmente no es satisfactorio.

El espreado se produce por choque y dispersión de una corriente recta o en espiral en diferentes formas (ver fig. 7.8.). Los patrones incluyen formas de cono sólido y de sombrilla. La mayoría de los patrones de espreado empiezan como un cono teniendo un ángulo incluido de 60 a 180°, dependiendo del diseño de la boquilla.

La mayoría de las boquillas para los sistemas fijos tienen diámetros de 1/4" a 1/2" y descarga de 8 a 52 GPM a 50 psi de presión en la boqui -

lla. Las de mayor capacidad descargan de 110 a -- 150 gpm a 50 psi y se utilizan principalmente para la protección de transformadores.

Siempre se deberán utilizar boquillas aprobadas. Los factores que se deben considerar para la selección apropiada son los siguientes: características del material inflamable, localización de la boquilla en relación al área de peligro, posibles corrientes de aire, condiciones físicas de los lugares circunvecinos y el propósito general del sistema.

Para la extinción de un fuego en tanques -- abiertos con líquidos inflamables y peligrosidad -- equivalente o menor a la del queroseno, las boquillas se deberán localizar de acuerdo a lo que se -- menciona en la tabla 7.10.

#### 7.4.4.- DEMANDA DE AGUA.

El volumen y presión requeridos para un sistema en particular pueden ser determinados exactamente por cálculos hidráulicos una vez que se han determinado el tipo de boquilla, la presión de descarga, el diámetro de la tubería y su localización y el arreglo del sistema. Los cálculos deberán basarse en proporcionar la presión de descarga requerida en la boquilla más lejana de la conexión de -- alimentación principal (cálculos similares a los -- mostrados en el capítulo IV del presente trabajo). La demanda deberá incluir la cantidad de agua re -- querida por las boquillas portátiles.

Se deberá determinar exactamente el volumen de agua y la presión necesaria en la válvula de -- control para cada sistema.

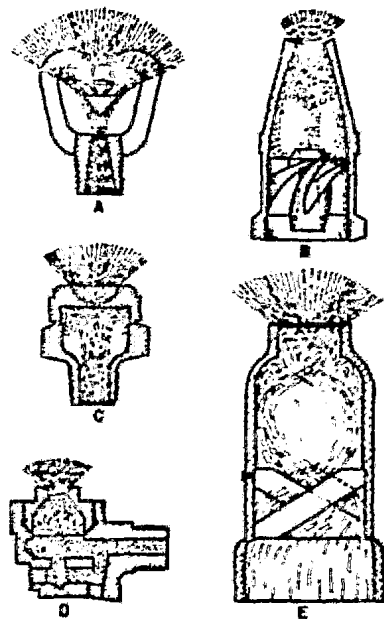


FIG. 7.8 BOQUILLAS TÍPICAS DE ESPREADO DE AGUA PARA SISTEMAS FIJOS.

- A.- Corriente directa chocando sobre un deflector exterior dentada.
- B.- Corriente directa chocando sobre corrientes en espiral.
- C.- Corriente directa descargando a través de un orificio cuadrado, formando un patrón tipo ventilador.
- D.- Dos corrientes directas girando en una cámara espiral descargando a través de un orificio común.
- E.- Corrientes en espiral chocando entre sí y dispersándose (boquilla de alta capacidad).

TABLA 7.10

LOCALIZACION, TAMAÑO Y PRESIONES DE DESCARGA DE BOQUILLAS.

DIAMETRO NOMINAL DEL ORIFICIO Y - VELOCIDAD DE DESCARGA A 50 psi.	ANGULO DEL CONO DE ESPREADO GRADOS.	DISTANCIA RECOMENDADA DE LA BOQUILLA AL FUEGO ft.			ESPACIADO, ft, Y PRESION DE DESCARGA EXTINCION, psi.					
		INTERIORES		EXTERIORES	PARA LIQUIDOS SIMILARES AL QUEROSENO.			PARA LIQUIDOS SIMILARES AL "QUENCH-OIL".		
		MIN.	MAX.	MAX.	ESPACIADO			ESPACIADO		
					4'x4'	6'x6'	8'x8'	4'x4'	6'x6'	8'x8'
1/2" 37 - 42 gpm.	160 - 180	5	14	7		35	40		20	20
	125 - 140	6	14	7		45	50		20	20
	90 - 110	7	16	8		60	65		30	30
	60 - 80	9	18	12		75	75		30	30
3/8" 20 - 24 gpm.	160 - 180	4	12	6	30	40	50	20	20	20
	125 - 140	5	13	6 1/2	40	50	50	20	20	20
	90 - 110	6	14	7	50	65	75	20	30	30
	60 - 80	8	16	11	65	75	90	30	30	30
1/4" 8 - 12 gpm.	160 - 180	2	8	4	40	60	75	20	30	30
	125 - 140	3	8	4	50	70	90	30	30	30
	90 - 110	5	10	5	75	80	—	30	30	—
	60 - 80	6	12	8	90	—	—	30	—	—

Para la protección de tanques de almacenamiento y recipientes de proceso que contengan materiales peligrosos, así como para su estructura de soporte, se puede hacer un estimado de la demanda de volumen considerándose que una boquilla con una descarga de 15 gpm es suficiente para 50 ft<sup>2</sup> de su superficie de tanque, más un rociador tipo ventana para cada 20 ft de soporte estructural vertical.

Una presión de descarga en la boquilla de 20 psi se considera como la mínima necesaria para mantener un buen patrón de distribución. Las instalaciones en exteriores con boquillas pequeñas deben diseñarse para una presión de descarga de 30 psi para un patrón de descarga apropiado y una proyección del esparido contra un viento de intensidad moderada.

Para instalaciones bajo techo, una presión de descarga de 20 psi es adecuada para una localización apropiada de boquillas, que se encuentren sobre tanques abiertos que contengan líquidos de punto "flash" alto. Para líquidos similares al que roseno, se requiere una presión de descarga de 30 a 100 psi dependiendo de lo espaciado y las características de descarga de las boquillas.

#### 7.4.5.- DURACION Y CONFIABILIDAD.

El suministro de agua debe ser capaz de enviar el volumen requerido, a la presión adecuada, para alcanzar la demanda estimada de todos los sistemas que puedan operar simultáneamente, durante el tiempo necesario.

El tiempo mínimo requerido de suministro de agua en sistemas diseñados para extinción, es de -

20 min. Los sistemas diseñados para protección de equipo deben operar en forma efectiva hasta que los materiales flamables se hayan consumido, en algunas situaciones, es cuestión de horas.

#### 7.4.6.- APLICACIONES.

TANQUES ABIERTOS.- Los sistemas fijos de espreado de agua están recomendados para tanques abiertos de líquidos inflamables (del tipo del que roseno) y para líquidos con punto "flash" mayor de 65°C (como el "quench - oil"). Las boquillas deberán proporcionar una cantidad adecuada de agua, a velocidad suficiente, para penetrar a través del fuego y entrar en contacto con la superficie del líquido sin crear una turbulencia excesiva. Para proteger contra la propagación del fuego, se deberá extender la protección por espreado una distancia de 3 a 5 mts. a la redonda de los tanques que contengan líquidos que estén, o puedan estar, calentados a 100°C o más durante operaciones de producción.

En la tabla 7.11 se muestran los puntos "flash" y viscosidades de algunos líquidos representativos cuyos fuegos puedan ser extinguidos apropiadamente por sistemas de este tipo.

PROTECCION DE TANQUES EXTERIORES Y EQUIPO DE PROCESO: Los sistemas de espreado de agua con boquillas de diferentes patrones de descarga protegen al equipo y estructuras de soporte del calor mientras se extingue un fuego. Estos sistemas se diseñan normalmente para descargar agua a una velocidad de 0.3 gpm/ft<sup>2</sup> de superficie de equipo o estructura y durante el tiempo que pueda durar el fuego cercano.



TABLA 7.11

CARACTERISTICAS TÍPICAS DE LIQUIDOS INFLAMABLES  
QUE PUEDEN SER EXTINGUIDOS POR ESPREADO  
DE AGUA.

TIPO DE LIQUIDO	PUNTO "FLASH" °C	VISCOSIDAD Seg. Seybolt a 25°C
QUEROSENO	65.5	34
PINTURA	76.7	95
ACEITE COMBUSTIBLE	107.2	53
"QUENCH-OIL"	176.7	190
LACA VISCOSA	-11	2,400

Las boquillas se pueden seleccionar en base de la cobertura más eficiente respecto a la superficie a ser protegida, lo adecuado de la descarga y las condiciones imperantes del viento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Fire Protection Handbook; Mc Kinnon, G.P. 14 -  
th ed. National Fire Protection Association -  
(1976), Boston, Mass.
  
- 2.- Handbook of industrial loss prevention, Facto  
ry Mutual System 2nd ed; Mc Graw-Hill (1976) -  
New York, N.Y.

## C O N C L U S I O N E S

- 1.- Las distintas formas de iniciación de fuegos - y/o explosiones se encuentran presentes en diversos puntos durante la fabricación de termoplásticos, lo cual hace imprescindible el contar con equipos y sistemas de protección en este tipo de industrias.
- 2.- En la fabricación de termoplásticos no es posible contar con una forma única de protección - de daños a la propiedad y al personal contra - situaciones de riesgo, por lo que se deberán - tener sistemas específicos o combinación de - ellos de acuerdo a cada punto de peligro poten - cial.
- 3.- Existen tres puntos básicos que pueden minimizar los riesgos de fuegos y/o explosiones y - que de acuerdo a la práctica son responsables - directos de la mayoría de los accidentes:
  - Diseño seguro del proceso, en el cual se deberán considerar todas las posibles fuentes - de ignición y condiciones de proceso extre - mas.
  - Entrenamiento intensivo al personal y supervisión estricta sobre el cumplimiento de pro - cedimientos de operación y control de emer - gencias.
  - Aplicar los programas de mantenimiento pre - ventivo principalmente en las áreas mecánica y eléctrica.
- 4.- En la etapa de diseño del proceso se deberá - recopilar y analizar la mayor cantidad de -

información posible sobre los materiales que se manejan y procesan, lo cual servirá de base para tener un proceso seguro para el personal, las instalaciones y el público.

- 5.- Para el diseño de rociadores automáticos en áreas de proceso (clasificadas normalmente como de riesgo extraordinario), no existe suficiente información publicada, por lo que, los datos mencionados en el presente trabajo pueden servir como base para el cálculo de otros sistemas específicos.
- 6.- Un problema clásico que existe en el diseño de dispositivos para alivio de presión es el cambio de viscosidad que se presenta durante una reacción de polimerización, los criterios que se mencionan en este trabajo son aplicables a bajos niveles de conversión. Las soluciones a problemas posteriores normalmente son propiedad de grandes compañías que las utilizan exclusivamente en sus propios procesos.
- 7.- Se necesitan especificaciones equivalentes a la RP-500 del "American Petroleum Institute" pero ajustadas a las necesidades de las industrias de termoplásticos. Estas especificaciones deberían incluir datos de distancias y concentraciones de gas para ayudar a la clasificación eléctrica de las áreas. También sería muy útil si éstas especificaciones definieran normas para el diseño y selección del equipo para locales clase 1, División 2; ya que esta división tiene cada día más importancia en la industria de los plásticos. La implantación de normas bien definidas para equipo proporcionaría una base firme para establecer prácticas -

más consecuentes dentro de la industria.

- 8.- La gran variedad de equipos y procesos para -- la fabricación de plásticos hace que los crite<sub>r</sub>ios de diseño para los dispositivos y siste<sub>m</sub>as de protección en este trabajo pueden ser -- usados en otro tipo de industrias con operaciones similares.
- 9.- El impacto económico en la reducción de pri<sub>m</sub>as de seguros e incluso en la aplicación de -- los seguros en sí, ha movido a las empresas -- de plásticos hacia la instalación de sistemas-- de seguridad para el personal y las instalaciones.