



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**“CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE SISTEMAS  
DE PROTECCION Y SEGURIDAD  
PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A :  
ALFREDO LEO CASTILLEJAS**

**MEXICO, D. F.**

**1981**



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.

# I N D I C E

## CAPITULO I

INTRODUCCION .....	1
--------------------	---

## CAPITULO II GENERALIDADES .....

Teoría del fuego .....	4
------------------------	---

El fuego .....	4
----------------	---

Definición del fuego	5
----------------------	---

Química del fuego	
-------------------	--

Combustible.....	6
------------------	---

Oxígeno .....	6
---------------	---

Calor .....	7
-------------	---

Métodos de Extinción de Incendios .....	7
---	---

Enfriamiento	
--------------	--

Eliminación de oxígeno	
------------------------	--

Eliminación del combustible	
-----------------------------	--

Interrupción de la reacción	
-----------------------------	--

Clasificación de Incendios .....	10
----------------------------------	----

Incendio Clase A	
------------------	--

Incendio Clase B	
------------------	--

Incendio Clase C	
------------------	--

Incendio Clase D	
------------------	--

Causas y prevención de los incendios .....	11
--	----

Falta de orden y limpieza	
---------------------------	--

Cigarros y cerillos	
---------------------	--

Líquidos inflamables	
----------------------	--

Equipos de soldar y cortar con soplete	
--	--

Calentadores, estufas, calderas, equipos eléctricos,	
--	--

(etc.

Instalaciones eléctricas	
--------------------------	--

Materiales Extintivos .....	18
-----------------------------	----

Agua	
------	--

Bióxido de carbono	
--------------------	--

Nitrógeno	
-----------	--

Vapor de agua	
---------------	--

Líquidos vaporizantes	
-----------------------	--

## CAPITULO III TIPOS DE TANQUES .....

Tanques cilíndricos de techo fijo .....	21
---	----

Tanques cilíndricos de techo flotante .....	21
---	----

Tanques esféricos y esferoidales .....	25
--	----

Tanques cilíndricos horizontales a presión .....	25
--	----

Tanques refrigerados (Criogénicos) .....	25
--	----

TANQUES ATMOSFERICOS .....	23
Requerimientos básicos de construcción .....	25
Planos de taller y montaje	
Nomenclatura	
Requisitos de los planos	
Espesor y dimensiones de la placa del fondo	
Placas centrales del fondo	
Placas del fondo soldadas a tope	
Bayonetas en placas circunferenciales del fondo	
Tolerancia en las placas circunferenciales	
Cuerpo .....	28
Máximo esfuerzo de tensión permisible	
Espesor de las placas del cuerpo	
Dimensiones de las placas del cuerpo	
Biselado y escuadramiento de las placas del cuerpo ..	30
Techo	
Materiales y accesorios	
Placas	
Láminas	
Piezas fundidas	
Tubería	
Bridas forjadas	
Tornillos	
Inspecciones y pruebas	
Inspección de juntas	
Pruebas hidrostáticas y neumáticas	

#### CAPITULO IV DISPOSITIVOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD A

	(TANQUES.	37
Drenajes .....		37
Muros de contención .....		39
Consideraciones para la selección del equipo y siste- (ma eléctrico...		43
Clase I		
División 1		
División 2		
Venteo abierto .....		45
Venteo de emergencia .....		51
Válvula de seguridad .....		51
Válvula de relevo .....		53
Válvula de presión y vacío .....		53
Cálculo de las válvulas de presión y vacío .....		55
Aplicaciones de las leyes de los gases y cálculos (simples ...		61
Fórmulas de venteo "Varec" .....		72
Arrestadores de flama .....		77
Funcionamiento de los arrestadores .....		80

<b>CAPITULO V</b>	<b>SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO</b>	
	( A TANQUES .....	83
	Sistemas de inundación total .....	93
	Protección a tanques cilíndricos de presión	
	(atmosférica .....	86
	<b>Espuma</b>	
	Espuma química	
	Espuma mecánica	
	Espumas fluoroproteínicas	
	Espuma tipo alcohol	
	Espumas sintéticas	
	Concentrado para espuma de alta expansión	
	Sistemas de espumas .....	92
	Sistemas portátiles .....	97
	Sistemas semifijos .....	97
	Sistemas fijos .....	98
	Sistemas semisumergidos .....	101
	Operación	
	Sistema de inyección en la base del tanque .....	105
	Equipo y Accesorios .....	107
	Tipos de proporcionadores de espumas .....	107
	Proporcionador de línea	
	Limitaciones	
	Proporcionador alrededor de la bomba	
	Limitaciones	
	Proporcionador de desplazamiento positivo	
	Limitaciones	
	Bomba proporcionadora	
	Limitaciones	
	Sistema de presión balanceada .....	112
<b>CAPITULO VI</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	115
<b>CAPITULO VII</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	116

## C A P I T U L O    I

### INTRODUCCION

El hombre, desde la prehistoria, ha tenido que almacenar - sus alimentos, combustibles y otros satisfactores.

Su primer combustible fue de origen vegetal, ramas y hojarrasca seca, usado para cocinar sus alimentos y proporcionarse calor y luz en la noche, así como para alejar a los animales. Posteriormente aprendió a emplear los aceites vegetales y animales y por último los aceites minerales.

El comercio nació de la necesidad de intercambiar satisfactores y con esto también el imperativo de buscar o fabricar - espacios de almacenamiento cada vez mayores, en número y en tamaño.

Por consiguiente tuvo que salvaguardar sus combustibles almacenados, cosa que ha venido perfeccionando con el paso del tiempo. Esto ha originado la necesidad de crear sistemas de - protección y seguridad para proteger zonas industriales o habitacionales en caso de que se registren accidentes.

Los sistemas de seguridad que se instalan en un tanque de almacenamiento, desempeñan una función primordial en la exitosa operación de este. No cumplir las especificaciones, puede ocasionar fuertes costos extras por concepto de correcciones en las líneas y hasta en el mismo tanque; así como también - en la operación insatisfactoria del tanque.

Ahorrar en el costo del tanque, eliminando sistemas de seguridad o sustituyendo equipo por otro de inferior calidad y precio, es señal de una previsión deficiente, y más tarde se reflejará en el costo más elevado del servicio de mantenimiento.

Una vez que el tanque de almacenamiento comienza a funcionar, careciendo de los sistemas adecuados de protección, puede pasar bastante tiempo antes de poderse instalar estos controles. Aquí debemos considerar el altísimo costo que representa el hecho de parar un equipo para efectuar el vaciado y la limpieza del tanque a fin de poder hacer la instalación de los sistemas de seguridad que se omitieron en un principio.

Muchos ingenieros de instrumentación y otros, los cuales especifican el equipo de un tanque, están de acuerdo en considerar al equipo de venteo como la esencia de la conservación. Es también cierto que al tamaño adecuado y la selección

de las válvulas de venteo deben recibir especial atención, ya que tienen una doble tarea que cumplir; protección del tanque contra una presión o un vacío excesivo, y una reducción de -- pérdidas del producto por evaporación. Una selección inadecuada puede redundar en un serio peligro para el tanque, o en -- excesivas pérdidas por evaporación.

Sin duda, el método de calibración en un tanque merece especial consideración después de que la presión de trabajo del tanque ha sido establecida, y el tamaño y tipo de las válvulas de venteo han sido seleccionadas.

El motivo de la presente tesis ha sido presentar un panorama general de los aspectos de construcción, seguridad, y protección de los tanques de almacenamiento verticales de líquidos combustibles o flamables, partiendo de la perspectiva de que se debe hacer conciencia entre los pequeños y grandes industriales en adoptar algunos o todos los criterios y sistemas que aquí se enumeran y así evitar las grandes pérdidas en recursos materiales y humanos que por la ausencia total o parcial de dispositivos sistemas de protección y así el descuido en el sistema de mantenimiento de estos se han originado.



## C A P I T U L O    I I

### GENERALIDADES.

#### Teoría del fuego.

Así como el fuego ha sido de gran ayuda al hombre, también le puede destruir, por lo cual se ha creado la:

"Protección contra incendio", que es una expresión que abarca todas las medidas relacionadas con prevención, investigación - y extinción de incendios, para la protección de la vida humana y la conservación de los equipos, instalaciones y edificios.

La protección C.I. abarca dos etapas distintas, que se -- complementan una con otra: la prevención y el combate de incendios.

La prevención es un término usado para indicar todas las medidas directas tendientes a evitar la iniciación de un fuego. Combate de incendios es la acción directa para controlar o apagar un fuego.

A continuación se tratan de un modo general los principales aspectos que cubren estos temas.

## EL FUEGO

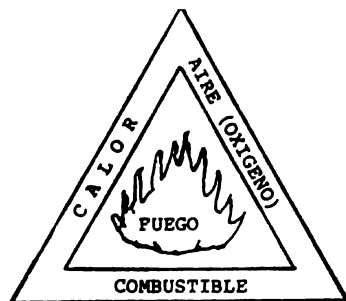
### Definición del fuego.-

Generalmente, el fuego se define como la oxidación rápida de los materiales combustibles con fuerte desprendimiento de energía en forma de luz y calor.

### Química del fuego.-

Los incendios resultan de la combinación de combustible, calor y aire (oxígeno). Cuando un material se prende, es que ha llegado a una temperatura crítica conocida como "Temperatura de ignición", continuará ardiendo mientras exista combustible, aire y una determinada temperatura para mantener esta -- combustión. En los combustibles líquidos de nuestro caso, el fuego se produce al mezclarse los vapores con el oxígeno del aire en determinadas proporciones, calentados a una temperatura propicia.

El fuego se puede presentar gráficamente por un triángulo que reúne los 3 factores mencionados, en donde la falta de uno de los factores imposibilita la producción del fuego.



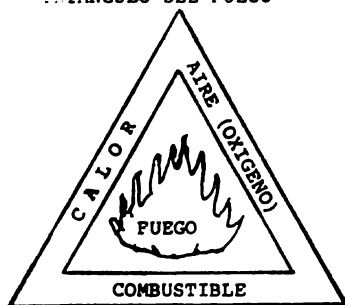
#### Combustible.-

Es un material capaz de reaccionar (oxidarse) químicamente con el oxígeno, desprendiendo luz y calor. Es el elemento de propagación del fuego. Calentándose a una temperatura determinada se generan vapores que al combinarse con el aire en presencia de una flama o chispas, se queman.

#### Oxígeno (Aire).-

Debido a que el fuego es un fenómeno de oxidación, es necesaria la presencia de oxígeno para su existencia, debiendo formar una mezcla con los vapores combustibles en las proporciones adecuadas. Si existen solamente estos vapores inflamables, no es posible producir el fuego; igualmente si la mezcla es rica en oxígeno (concentración del combustible abajo del límite inferior de inflamabilidad en las condiciones dadas), no habrá suficientes vapores combustibles para que arda la mezcla.

## TRIANGULO DEL FUEGO



### Combustible.-

Es un material capaz de reaccionar (oxidarse) químicamente con el oxígeno, desprendiendo luz y calor. Es el elemento de propagación del fuego. Calentándose a una temperatura determinada se generan vapores que al combinarse con el aire en presencia de una flama o chispas, se queman.

### Oxígeno (Aire).-

Debido a que el fuego es un fenómeno de oxidación, es necesaria la presencia de oxígeno para su existencia, debiendo formar una mezcla con los vapores combustibles en las proporciones adecuadas. Si existen solamente estos vapores inflamables, no es posible producir el fuego; igualmente si la mezcla es rica en oxígeno (concentración del combustible abajo del límite inferior de inflamabilidad en las condiciones dadas), no habra suficientes vapores combustibles para que arda la mezcla.

## Calor.-

Para que los combustibles desprendan suficientes vapores para formar una mezcla combustible con aire, es necesario -- que alcancen una determinada temperatura. La temperatura en que principia la vaporización se denomina "Temperatura de Inflamación" y la temperatura mínima requerida para iniciar -- una autoignición, independientemente del medio de calentamiento, se le conoce como "Temperatura de Autoignición".

## Métodos de Extinción de Incendios.-

El conocimiento del triángulo de fuego proporciona los tres métodos fundamentales para la prevención o extinción de incendios, los cuales son los siguientes:

### Enfriamiento.-

Eliminando el calor por enfriamiento se extingue el fuego, en este caso es necesario absorber el calor total -- desprendido por el fuego. El agua es el agente más común y práctico para enfriar, ya sea aplicada en forma -- de chorro, niebla o rocío.

### Eliminación de oxígeno.-

El fuego se apaga al eliminar o reducir el porcentaje -

de oxígeno en la atmósfera que envuelve al fuego.

La extinción de un fuego pequeño por este método resulta relativamente fácil mediante el sofocamiento al cubrir el área con una manta mojada, arrojando tierra o arena. En cambio, el combate de grandes incendios por eliminación del oxígeno es más complicado, siendo necesario el uso de aparatos y productos específicos para obtener resultados satisfactorios.

Eliminación del combustible.-

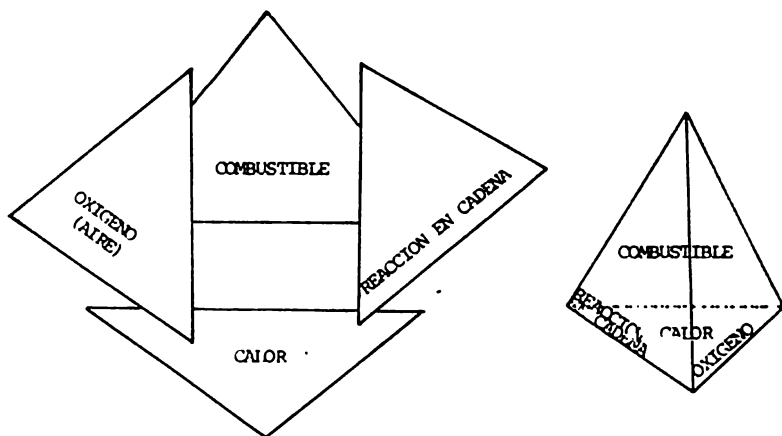
Retirar el combustible de un incendio no siempre es -- una maniobra factible, en ocasiones difícil y peligrosa; pero en otros casos es tan simple que basta cerrar una válvula para apagar el incendio.

Interrupción de la reacción.-

En párrafos anteriores se han descrito los tres métodos básicos en que se fundamenta la extinción del fuego. Este concepto que se ha representado por el "Triángulo del Fuego", se ha modificado para incluir una cuarta forma, "inhibir o impedir la reacción de la formación de las cadenas arborecentes."

Estudios recientes en la química del fuego han producido algunas revisiones y modificaciones en la teoría de extinción de incendios. Estas teorías indican que las moléculas de combustibles parecen combinarse con el oxígeno del aire a través de una serie de etapas sucesivas intermedias denominadas "Cadenas Arborecentes" para llegar a los productos finales de -- combustión, siendo estas etapas intermedias las que conducen a la formación de flamas. Por consiguiente, un incendio se - extingue al impedir la formación de las citadas cadenas, mediante el uso de agentes extintivos de acción química.

La representación de la extinción del fuego se hace posible al ligar los 4 principios básicos; esto se aprecia en la pirámide de la figura siguiente:



PIRAMIDE DEL FUEGO

## Clasificación de Incendios.-

El factor que se debe eliminar en cada caso, lo da el tipo de combustible que se está quemando, por lo que los incendios se clasifican de acuerdo con el combustible, y en base a él se selecciona el agente extintivo.

### Incendio Clase A.-

Son los que ocurren en materiales sólidos, tales como trapos, papel, madera, basura y en general en materiales que se encuentren en ese estado físico. El factor que se debe suprimir en este caso es el calor.

### Incendio Clase B.-

Son aquellos que se producen en la mezcla de un gas, tales como butano, propano, etc., con el aire, o bien, de la mezcla los vapores que se desprenden de la superficie de los líquidos inflamables, tales como gasolina, aceites, grasas, solventes, etc. La reducción de la cantidad de aire (oxígeno) o la acción de inhibir o evitar la combustión son los factores principales para controlar y apagar fuegos de esta Clase.

### Incendios Clase C.-

Son aquellos que ocurren en o cerca de equipo eléctrico



"vivo", donde deben usarse agentes extintores no conductores.

#### **Incendio Clase D.-**

Son los que se presentan en cierto tipo de metales combustibles, tales como magnesio, titanio, sodio, litio, potasio aluminio o zinc en polvo. Para el control de este tipo de fuegos debe usarse como agente extintivo, el cloruro de sodio con aditivos de fosfato tricalcico o compuestos de grafito o coque.

#### **CAUSAS Y PREVENCIÓN DE LOS INCENDIOS.**

De acuerdo con las estadísticas, las causas más comunes que originan la mayoría de los incendios son: la falta de orden y limpieza, el mal uso de cerillos y cigarrillos, condiciones anormales de las instalaciones eléctricas o de los equipos e instalaciones, y flamas abiertas provenientes de sopletes para corte y soldadura; siendo estos riesgos que más deben vigilarse y controlarse para prevenir incendios, es necesario tomar en cuenta las siguientes indicaciones:

## Falta de Orden y Limpieza.-

Se deben observar estrictamente las medidas de seguridad establecidas, así como poner especial atención para mantener el orden y la limpieza en los centros de trabajo, acatando las disposiciones indicadas a continuación.

- Evitar la acumulación de basuras, residuos y desperdicios combustibles, tales como estopas y trapos impregnados con aceites, grasas, gasolina, etc.
  
- Evitar los derrames de aceites o líquidos inflamables en el piso.
  
- No hacer estibas desordenadas que puedan caerse o dificulten la circulación.
  
- Cortar los pastos, retirar las ramas, madera, o vegetación seca de las cercanías de edificios e instalaciones.

## Cigarros y cerillos.-

En realidad los cigarros y cerillos no son causa directa de los incendios, la causa directa en sí, es el descuido generalizado entre un gran número de fumadores. La mayoría de los incendios han sido motivados por la falta de observa

## Falta de Orden y Limpieza.-

Se deben observar estrictamente las medidas de seguridad establecidas, así como poner especial atención para mantener el orden y la limpieza en los centros de trabajo, acatando las disposiciones indicadas a continuación.

- Evitar la acumulación de basuras, residuos y desperdicios combustibles, tales como estopas y trapos impregnados con aceites, grasas, gasolina, etc.
  
- Evitar los derrames de aceites o líquidos inflamables en el piso.
  
- No hacer estibas desordenadas que puedan caerse o dificulten la circulación.
  
- Cortar los pastos, retirar las ramas, madera, o vegetación seca de las cercanías de edificios e instalaciones.

## Cigarros y cerillos.-

En realidad los cigarros y cerillos no son causa directa de los incendios, la causa directa en sí, es el descuido generalizado entre un gran número de fumadores. La mayoría de los incendios han sido motivados por la falta de observa

cia de las reglas más elementales de precaución, como asegurarse que tanto los cigarros como los cerillos estén totalmente apagados antes de tirarlos, debiéndose utilizar - siempre los ceniceros y principalmente FUMAR EN LOS CENTROS DE TRABAJO, SOLAMENTE EN LOS SITIOS EN QUE ESTA PERMITIDO HACERLO.

Una medida necesaria es la colocación de carteles claros y visibles, que prohíban fumar en todas las áreas donde sea - peligroso hacerlo.

#### **Líquidos Inflamables.-**

Es muy frecuente el almacenamiento de líquidos inflamables en lugares inadecuados y en recipientes impropios - para este tipo de materiales.

No hay que olvidar que aunque sea en forma transitoria no se deben colocar líquidos inflamables cerca de fuentes de calor; tampoco almacenarlos o transportarlos en recipientes de vidrio inadecuados o sin tapa.

Para transportar o guardar muestras o pequeñas cantidades de los diferentes tipos de líquidos inflamables, se dispono de recipientes adecuados, botes metálicos de seguridad con tapas herméticas, algunas incluso accionadas por resorte y constituidas de tal manera que su centro de gra-

vedad sea muy bajo, lo cual puede evitar su volcadura.

Es conveniente hacer inspecciones periódicas al equipo, tuberías, recipientes, válvulas, etc. para descubrir - y prevenir fugas de gases y líquidos inflamables. Debe tenerse en cuenta que los tambores o recipientes semivacíos o vacíos totalmente que hayan almacenado productos inflamables, son más peligrosos aún que los llenos, por lo que todos estos recipientes deben mantenerse bien tapados y apartados de cualquier fuente de calor.

En los almacenes que guarden líquidos inflamables, -- además de las medidas de seguridad indicadas anteriormente deberá proporcionarse una buena ventilación con el objeto de evitar la formación de mezclas explosivas y evitar que se almacenen en el mismo lugar materiales oxidantes, corrosivos o explosivos.

En vista del gran número de incendios ocasionados por el uso indebido de gasolina y solventes (de bajo punto de inflamación) para la limpieza de pisos y equipos, no deberán usarse estos productos para esta clase de trabajos, -- por los riesgos que implican.

## Equipos de soldar y cortar con soplete.-

El empleo de estos equipos en condiciones normales de trabajo y con operadores competentes, no debe representar ningún peligro, pero frecuentemente se olvidan las más elementales precauciones y en esas deficientes condiciones se pueden originar graves accidentes. Para evitar estos siniestros, se deberán observar las recomendaciones siguientes:

- Inspeccionar previamente el lugar en el que se va a efectuar algún trabajo de soldadura o corte para determinar si es peligroso o no, verificando que no existan en dicha área desperdicios de materiales combustibles o mezclas explosivas en el ambiente (usando un explosímetro). También se comprobará que el piso y la superficie por soldar estén limpios, sin grasas, aceites o pinturas y en general cualquier otro material combustible. - Se despejará un área de extensión adecuada alrededor del sitio donde se va a aplicar el soplete. Cuando sea práctico y posible, se deberán colocar cortinas de agua, vapor y/o lonas húmedas como protección.

El control de las condiciones existentes durante y después de efectuado el trabajo, es muy importante, ya que los materiales sufren un fuerte calentamiento, desprendiéndose generalmente chispas y partículas al rojo, que pueden causar la combustión de vapores inflamables.

Cuando se tenga la necesidad de efectuar los trabajos de referencia en áreas peligrosas (áreas de proceso, tanques, gasoductos, poliductos, estaciones de bombeo y compresión, etc.) se deberá obtener un permiso para trabajos peligrosos, con el objeto de asegurar que se tomen las medidas necesarias para evitar el riesgo que implican estos trabajos.

El oxígeno puro como viene en los cilindros, cuando hay trazas de aceite, reacciona con violencia y es explosivo. Debe vigilarse que no haya fugas en las válvulas, ni en las conexiones, así como que la manguera esté en buen estado.

Calentadores, Estufas, Calderas, Equipos Eléctricos, etc.-

Son causa frecuentes de incendios el estado defectuoso, la incorrecta instalación, así como la ejecución de trabajos peligrosos cerca de calderas, calentadores, estufas y equipo eléctrico, ya que es común encontrar materiales combustibles, tales como tambores, almacenamiento de líquidos inflamables, etc., en la cercanía de los equipos.

## Instalaciones Eléctricas.-

Las instalaciones eléctricas defectuosas y conexiones inseguras son fuente de muchos accidentes. Por esta razón deben revisarse cuidadosamente los cordones de conexión a los aparatos herramientas eléctricas.

Asimismo, son causa de muchos incendios las instalaciones y líneas sobrecargadas o con protección deficiente, ya que están expuestas a sobrecalentamientos. Por consiguiente se deben observar las siguientes reglas para prevenir incendios:

- 1.- No sobrecargar las líneas, verificando que la instalación eléctrica es la adecuada para los usos requeridos.
- 2.- Evitar las instalaciones provisionales y dar un - - buen mantenimiento a los circuitos eléctricos.
- 3.- Para seleccionar la instalación y el equipo eléctrico es necesario tomar en cuenta la peligrosidad de las mezclas explosivas que puedan formarse con el - aire y los gases, vapores o polvos existentes en el área de trabajo.



Siempre se deberán tomar en cuenta estos detalles para -  
evitar al máximo el riesgo de incendios.

#### MATERIALES EXTINTIVOS.

Los materiales extintivos utilizados con mayor frecuencia, son fundamentalmente: agua, espuma química, espuma mecánica, bióxido de carbono, nitrógeno, líquidos vaporizantes y polvo químico seco.

#### Agua.-

Para fines de contra incendio, el agua debe ser preferentemente dulce. Siendo una de las sustancias con mayor capacidad de absorción de calor, es la preferida para el ataque de incendios por enfriamiento. Puede ser empleada en forma de chorro, para mayor penetración en cuerpos ardientes o cuando se desea obtener mayor alcance, o bien en forma de niebla que produce mayor absorción de calor. Para incrementar su efectividad, se emplean aditivos que disminuyen su tensión superficial y aumentan su penetración en el material ardiente.

### Bióxido de carbono.-

Este es un gas inerte que tiene amplias aplicaciones en el combate de incendios. Su acción es principalmente sofocante y en cierto grado enfriante. Se prefiere a otros productos en la protección contra incendio, especialmente en lugares cerrados, cuando el equipo puede sufrir más daños por los efectos del agente extintivo que por el propio fuego y aún teniendo en cuenta que su efectividad es escasa comparada con la de otros productos.

De modo secundario pero muy importante, se emplea como medio impulsor de líquidos espumantes o polvos químicos, especialmente en extinguidores de pequeña capacidad.

### Nitrógeno.-

Este gas inerte, se emplea en condiciones similares al  $\text{CO}_2$  y en ocasiones lo substituye con ventaja. Su uso principal es como impulsor de polvo y espuma mecánica en equipos -- autosuficientes, ya sean fijos o portátiles, pero de capacidad mediana y grande.

### Vapor de agua.-

Aunque su empleo es reducido, se utiliza como agente ex-

tintivo por su acción sofocante. En lugares cerrados se efectividad es mayor. Es muy frecuente emplearlo en forma de cortina para prevenir incendios que pudieran presentarse al extinguir pequeñas fugas de gases o líquidos inflamables a sus temperaturas de ignición o muy cercanas a ellas. También se emplean para diluir en la atmósfera los gases que se fugan y que pueden acumularse en lugares con peligro de fuego o explosión.

#### Líquidos vaporizantes.-

Dentro de este tipo de agente extintivo, está clasificado el tetracloruro de carbono, cuyo efecto es sofocante y de gran actividad, pero está considerado prácticamente obsoleto debido a que a las grandes temperaturas alcanzadas durante la combustión, lo descomponen en distintos gases, uno de los cuales es el fósforo (gas de combate).

## CAPITULO III

TIPOS DE TANQUES

De acuerdo a la función que desempeñan los tanques de almacenamiento se agrupan en 5 tipos distintos, en la manera que a continuación se indica.

## Tanques cilíndricos de techo fijo.

Estos recipientes podrán almacenar productos cuya presión de vapor no llegue a  $0.169 \text{ Kg/cm}^2$ , por lo que trabajarán a una presión aproximadamente igual a la presión hidrostática del líquido. Fig. 1.

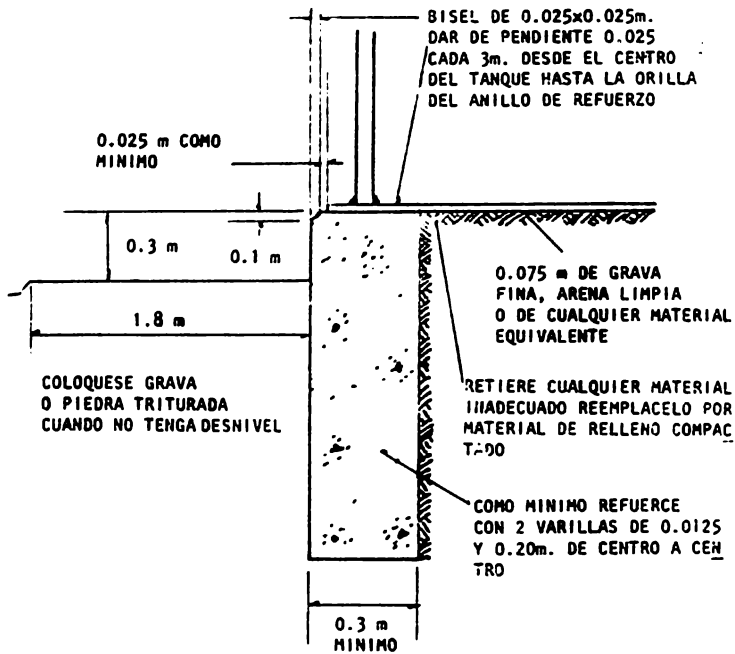
Con el diseño adecuado, podrán también almacenarse en estos tanques productos cuya presión de vapor se encuentra entre  $0.169 \text{ Kg/cm}^2$  y  $1 \text{ Kg/cm}^2$ .

## Tanques cilíndricos de techo flotante.

En esta clase de recipientes se podrá almacenar productos cuya presión de vapor sea superior a  $0.169 \text{ Kg/cm}^2$  y que por lo tanto, puedan formar una atmósfera explosiva en la superficie del líquido o bien desprender cantidades considerables de vapores durante su operación. No podrán almacenarse en este tipo de tanques aquellos productos cuya presión de vapor sea superior a  $1 \text{ Kg/cm}^2$ . Fig. 2.



DETALLE "A"



DETALLE "B"  
SOLDADURA SENCILLA CON FILETE  
COMPLETO. JUNTA TRASLAPADA

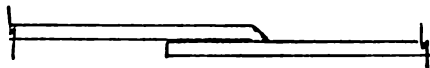


Fig N° 1-A

# TANQUE VERTICAL DE TECHO FLOTANTE

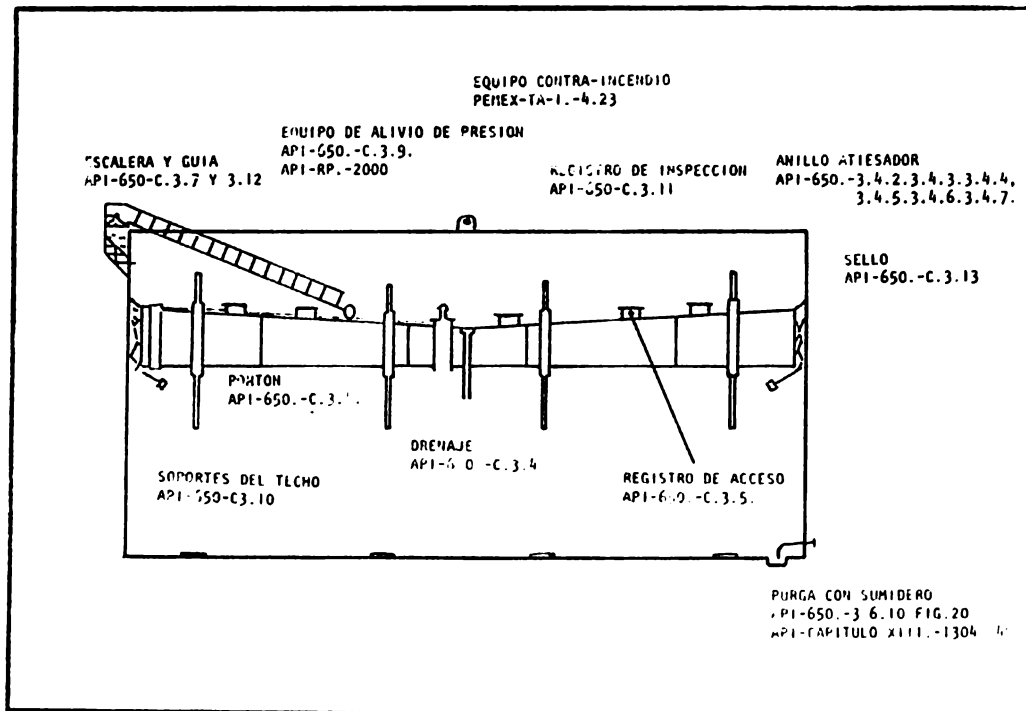


Fig. N°2

#### Tanques esféricos y esferoidales.

Se almacenarán en estos tanques aquellos productos cuya presión de vapor sea superior a  $1 \text{ Kg/cm}^2$ , sin que exceda de  $8.8 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### Tanques cilíndricos horizontales a presión.

Se almacenarán en tanques horizontales con casquetes semi esféricos o elipsoidales aquellos productos cuya presión de vapor a la temperatura ambiente sea superior a  $8.8 \text{ Kg/cm}^2$ , sin exceder de  $21 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### Tanques Refrigerados. (Criogénicos)

Se podrán almacenar en tanques refrigerados y aislados térmicamente, aquellos productos que a temperatura ambiente tengan presiones de vapor mayores de  $21 \text{ Kg/cm}^2$ , pero que mediante refrigeración puedan mantenerse a una temperatura a la cual su presión de vapor sea menor a  $21 \text{ Kg/cm}^2$  en tanques aislados térmicamente. Estos recipientes podrán ser esféricos o cilíndricos.

#### TANQUES ATMOSFERICOS.

Requerimientos básicos de construcción.

Planos de taller y montaje.-

Con base en los planos de conjunto aprobados por el comprador, el fabricante deberá elaborar planos de taller y de monta-



de, así como las listas de piezas necesarias para tener una información completa sobre cada una de las partes del tanque y - sus secciones.

#### Nomenclatura.-

El fabricante establecerá con el comprador, un sistema de nomenclatura que permita la identificación de las piezas, las cuales se marcarán antes de salir del taller.

#### Requisitos de los planos.-

En los planos que se mencionan, se deberá distinguir con toda claridad cuáles piezas son de taller y cuáles de campo; - dichos planos deberán contener además, las indicaciones necesarias sobre la técnica y secuencia de soldadura tanto en taller como en campo.

#### Espesor y dimensiones de la placa del fondo.-

Las placas del fondo deberán tener un espesor mínimo de - 6.3 mm y deberán traslaparse por lo menos 25.4 mm o ser soldadas a tope. Todas las placas rectangulares tendrán de preferencia un ancho mínimo de 1.83 m y 6.10 m de largo nominales, a - menos que se indique otra cosa en los planos y/o en las especificaciones particulares.

de, así como las listas de piezas necesarias para tener una información completa sobre cada una de las partes del tanque y sus secciones.

#### Nomenclatura.-

El fabricante establecerá con el comprador, un sistema de nomenclatura que permita la identificación de las piezas, las cuales se marcarán antes de salir del taller.

#### Requisitos de los planos.-

En los planos que se mencionan, se deberá distinguir con toda claridad cuáles piezas son de taller y cuáles de campo; dichos planos deberán contener además, las indicaciones necesarias sobre la técnica y secuencia de soldadura tanto en taller como en campo.

#### Espesor y dimensiones de la placa del fondo.-

Las placas del fondo deberán tener un espesor mínimo de 6.3 mm y deberán traslaparse por lo menos 25.4 mm o ser soldadas a tope. Todas las placas rectangulares tendrán de preferencia un ancho mínimo de 1.83 m y 6.10 m de largo nominales, a menos que se indique otra cosa en los planos y/o en las especificaciones particulares.

#### Placas centrales del fondo.-

Las placas rectangulares que van al centro cuando sean -- traslapadas, no requieren ser escuadradas, admitiéndose variaciones en el ancho y en el largo que no afecten la operación de montaje.

#### Placas del fondo soldadas a tope.

Cuando así lo especifiquen los planos y/o las especificaciones particulares, las placas del fondo podrán soldarse a tope, siempre y cuando los bordes de las placas por soldar sean paralelas, ya sea que la preparación sea en V o recta y la separación entre placas deberá ser cuando menos de 6.3 mm. Dichas soldaduras se harán empleando una placa de respaldo de 3.2 mm de espesor como mínimo.

#### Bayonetas en placas circunferenciales del fondo.

En todas las placas circunferenciales se harán bayonetas con dado, en caliente y con las siguientes tolerancias de los datos formados:

Hembra:	Largo	-10 mm
		- 3 mm
	Ancho	-10 mm
		0 mm

	Profundidad	- 3 mm
		- 0 mm
Ancho:	Posición a lo largo	- 6 mm
	Profundidad	-10 mm
		-

**Tolerancia en las placas circunferenciales.**

En las placas periféricas se revisará el corte con una plantilla patrón que tenga una longitud de 1/20 del diámetro nominal del tanque; se permitirá una variación hasta de más menos 4 mm.

**Cuerpo:**

**Máximo esfuerzo de tensión permisible.-**

El cuerpo será del tipo cilíndrico vertical, con la pared interior de los anillos alineados en toda su altura.

El esfuerzo de tensión permisible, antes de aplicar el factor de eficiencia de la soldadura, será de  $1.470 \text{ Kg/cm}^2$  como máximo. El factor de eficiencia en juntas verticales será de 0.85

**Espesor de las placas del cuerpo.**

El espesor de las placas del cuerpo en ningún caso será inferior al señalado en la siguiente tabla:

<u>Diámetro nominal del tanque</u>	<u>Espesor nominal mínimo</u>
Menos de 15 m	4.8 mm
De 15 m hasta 36 m inclusive	6.3 mm
De 36 m hasta 60m inclusive	8.0 mm
Mayor de 60 m	9.6 mm

**Dimensiones de las placas del cuerpo.**

Todas las placas del cuerpo deberán tener las dimensiones que indiquen los planos aprobados y/o las especificaciones particulares y deberán escuadrarse debidamente.

El ancho nominal de las placas podrá ser de: 2,438 mm, -- 1,829 mm o de 1,524 mm, de acuerdo con lo que indique el proyecto y podrán aceptarse variaciones no mayores de 2 mm. El largo especificado podrá variar hasta en más menos 3 mm, media dos en las diagonales de la placa.

**Biselado y escuadramiento de las placas del cuerpo.-**

Todas las placas deberán biselarse de tal manera que el -  
hombro del bisel nunca sea menor de 2 mm y las variaciones en  
el ángulo especificado no sean mayores de más renos 5°

**Techo:**

**Carga admisible y espesor de la lámina del techo.-**

Los techos deberán soportar además de su propio peso, una  
carga viva no menor de 122 Kg/cm<sup>2</sup>. El techo tendrá un espesor -  
mínimo de 4.8

**Materiales y Accesorios:**

El término materiales comprende cualquiera de las siguien-  
tes piezas: placas, láminas, perfiles, pernos, remaches, torni-  
llos, soldadura, piezas de fundición, piezas forjadas o cual- -  
quier otra mencionada en el proyecto y/o especificaciones parti-  
culares.

**Placas.-**

Todas las placas empleadas en la fabricación de tanques --  
atmosféricos, deberán corresponder a las especificaciones de la  
ASTM última edición: A-7, A-283 grado:C, A-36, A-283 grado: D,  
para espesores hasta 19 mm. , arriba de dicho espesor se usará  
únicamente A-283, grado: C y A-36. La denominación placa es - -

únicamente para materiales con espesor de 4.7 mm o más.

**Láminas.-**

Las láminas para la construcción de tanques atmosféricos deberán corresponder a las especificaciones de la ASTM A-245 - grado C. La denominación lámina es únicamente para materiales con espesor menor de 4.7 mm.

**Piezas fundidas.-**

Las partes fundidas deberán corresponder a las especificaciones de la ASTM A-27 grado 60-30 recocido.

**Tubería.-**

La tubería empleada en recipientes atmosféricos deberá corresponder a las especificaciones del A.P.I. estándar 5L o -- del ASTM A-53, excepto cuando la tubería está destinada a fi-- nes estructurales se utilizará A.P.I. estándar 5L grado B o - A.P.I. estándar 5LX, a menos que se indique otra cosa en las especificaciones particulares.

**Bridas forjadas.-**

Las bridas forjadas deberán llenar las especificaciones de la ASA B-165 y ASTM A-181 grado 1.

Tornillos.-

La tornillería deberá llenar las especificaciones correspondientes a las de la ASTM-307, salvo otra indicación.

Inspecciones y pruebas.-

El comprador designará a una persona calificada, efectuar la inspección de los trabajos ya sea en el lugar de fabricación o en el montaje.

Inspección de las juntas.-

Se deberán inspeccionar todas y cada una de las juntas que se especifiquen en los planos del proyecto y/o las especificaciones particulares.

Dicha inspección se realizará por medios radiográficos o por medio de cortes practicados en las juntas.

Pruebas hidrostáticas y neumáticas.

La prueba de fondo: El montador efectuará la prueba de fondo por medio del siguiente procedimiento.



a) Después de haber soldado el primer anillo se construirá un borde de tierra de 0.50 m de altura, alrededor del tanque, el cual se llenará de agua, manteniendo una carga de 152 - mm inspeccionándose todas las juntas.

b) Se aplicará aire comprimido por medio de una conexión provisional soldada en el centro del tanque y empleando a la vez jabonadura, aceite de linaza o cualquier otro material que se indique en los planos del proyecto y/o las especificaciones particulares particulares.

#### Cuerpo.-

La prueba del cuerpo se efectuará después de haber terminado totalmente de soldar el mismo y después de conectar las tuberías de carga y de descarga hasta la primera válvula.

La prueba del cuerpo podrá efectuarse por cualquiera de los siguientes procedimientos, salvo que se indique lo contrario.

En caso de disponer de agua, el tanque se llenará hasta el ángulo superior, inspeccionándose durante toda la operación.

En caso de no tenerse agua, se aplicará en todas las costuras por el interior aceite altamente penetrante, observándose

en el exterior si hay filtraciones.

Podrá también hacerse la prueba del cuerpo, aplicando - aire a presión por la parte interior y empleando jabonadura o aceite de linaza con el objeto de descubrir las fugas.

Techo.-

La prueba del techo se efectuará una vez terminado de - soldar totalmente el tanque. Esta se efectuará aplicando --- aire a presión por la parte interior y empleando jabonadura o aceite de linaza para detectar fugas. La presión interna - no deberá exceder al equivalente del peso unitario de las -- placas del techo.

Calibración.-

Cuando se lleven a cabo inspecciones a los tanques debe incluirse la calibración ultrasónica del espesor de las placas. La siguiente fórmula puede ser usada para calcular el - espesor mínimo de ellas. Tabla No. 1.

$$t = \frac{(2.6) (D) (H-1) (G)}{(0.85) (1476)}$$

- Donde: t = Espesor mínimo en pulgadas.
- D = Diámetro nominal del tanque en pies.
- H = Altura del tanque en pies.
- 0.85= Factor de eficiencia de juntas.
- G = Gravedad específica del líquido almacenado
- 1476= Máximo esfuerzo permitido a la tensión en Kg/cm<sup>2</sup>.

## PESORES MINIMOS DE PLACA REQUERIDA EN TANQUES ATMOSFERICOS

PARTE DEL TANQUE	ESPESOR MINIMO REQUERIDO (mm)
FONDO	6 3 mm
CUERPO	
DIAMETRO NOMINAL DEL TANQUE	
MENOS DE 15.25	4.7 mm
DE 15.25 a 30.50 mts	6.4 mm
DE 30.50 a 61.00 mts	7.9 mm
MAYOR DE 61.00 mts	9.5 mm
TECHO	4.7

Tabla N° 1

## C A P I T U L O   I V

### DISPOSITIVOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD A TANQUES

Drenajes.

En el área de tanques deben instalarse dos tipos de drenajes, el pluvial y el industrial o aceitoso. Fig. 3.

El drenaje pluvial debe ser independiente del drenaje industrial exceptuando en la salida de la trampa separadora en donde pueden ser conectados, ya que la corriente de agua de esta en ese punto es limpia.

Las aguas recolectadas por el pluvial deberán descargarse al sistema colector de aguas de la localidad. Este drenaje deberá captar el agua de lluvia de los redondeles de los tanques, por medio de resumideros o registros instalados en la parte interior de los muros de contención y tendrá instalada una válvula de bandera en la parte exterior del muro, la cual siempre estará cerrada para retener, en caso necesario, derrames considerables.

Debe contar asimismo con una conexión y válvula intermedia, que lo una al drenaje aceitoso de manera que pueda recu

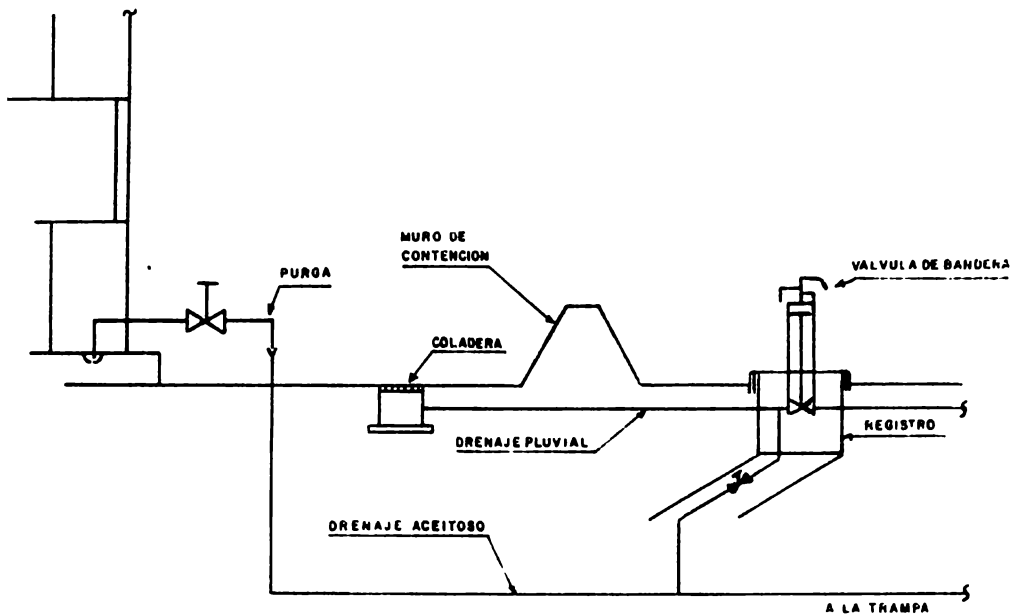


Fig. 3

perarse cualquier derrame mediante la bomba del separador de aceite.

Lo anterior se ilustra en la siguiente figura No. 4

El drenaje industrial deberá captar todas las purgas - de los tanques de almacenamiento y se conectará a una trampa de aceite en donde se separa el agua del producto, el cual - es recuperado por medio de una bomba; además deberán instalarse sellos hidráulicos en el último registro antes del separador, así como también en la descarga de este. Fig 5 y 6.

Muros de contención.

Con objeto de evitar que los derrames de los productos almacenados en los tanques puedan extenderse hacia otras -- áreas, se instalarán muros de contención de acuerdo con los siguientes lineamientos.

- a) La capacidad volúmetrica de los muros de contención, -- cuando los tanques contengan productos no espumantes, - será igual al volumen del tanque más grande contenido - dentro del área, más el volumen de los otros tanques por debajo de la altura del muro.

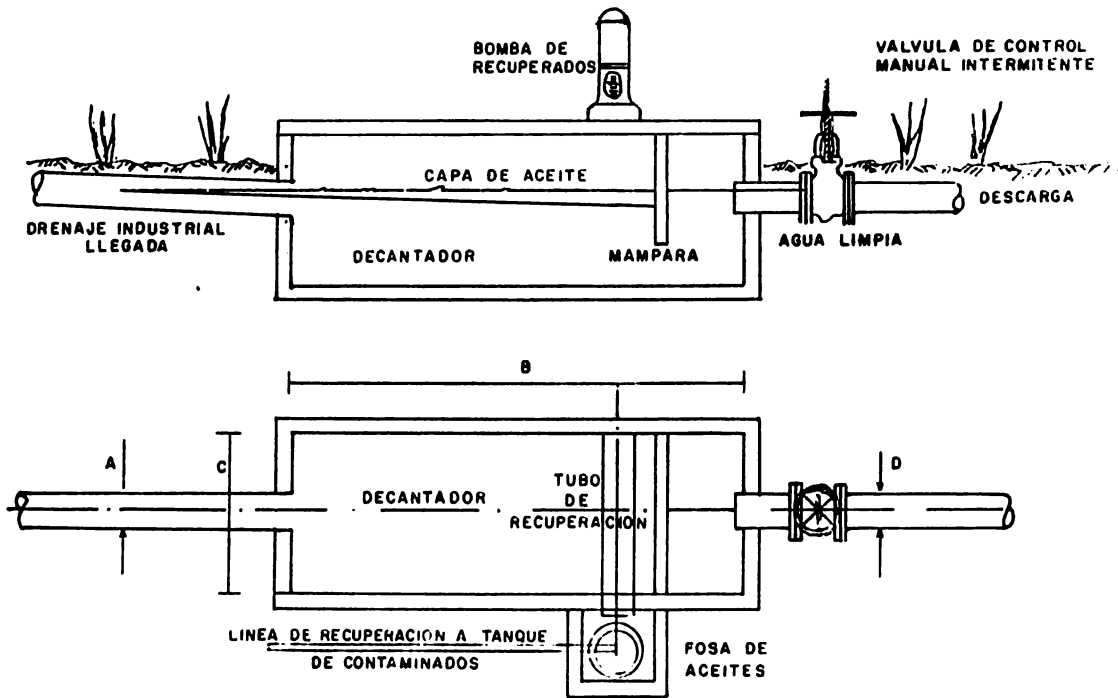


Fig 4



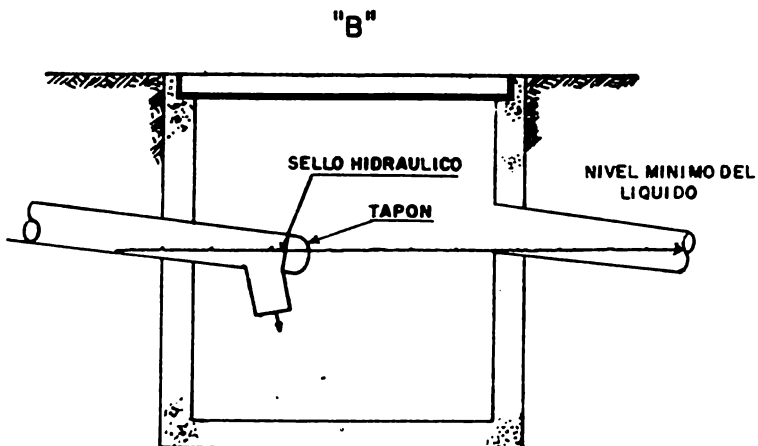
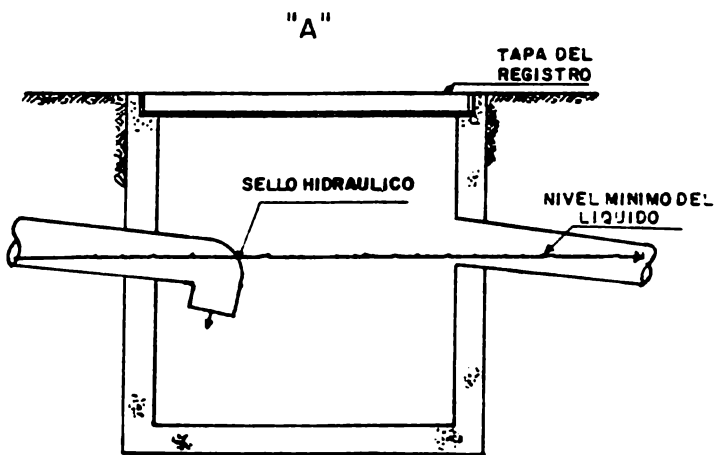
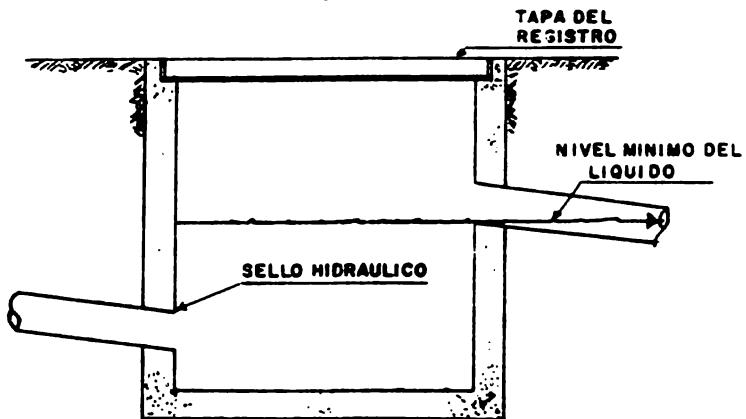


Fig. 6

"C"



"D"

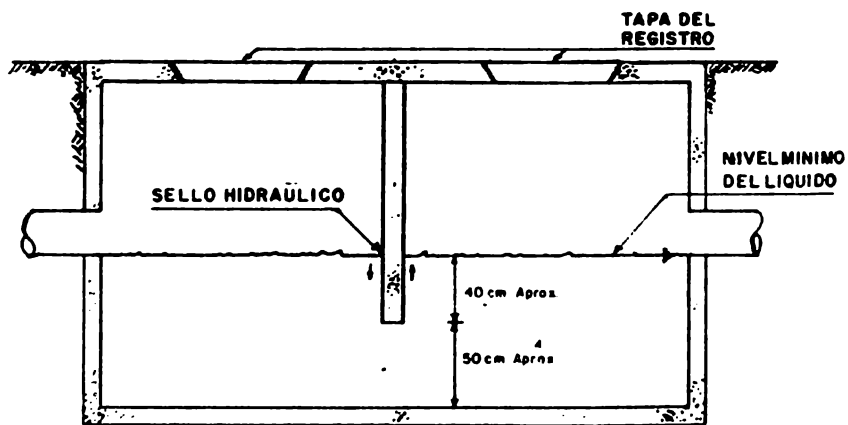


Fig. 5

- b) Cuando se trate de productos con tendencia a formar espuma con el agua en ebullición, la capacidad de los muros de contención será igual por lo menos al volumen de todos los tanques contenidos en el área más el volumen de los mismos tanques por debajo de la altura de los muros.
- c) Los muros de contención no tendrán más de 1.80 m de altura. Podrán ser construídos de tierra, lámina de acero, - concreto o mampostería, pero deberán ser herméticos y soportar la altura hidrostática del líquido.

Consideraciones para la selección del equipo y sistema eléctrico:

En virtud de que en tanques de almacenamiento de líquidos flamables se estima que existan áreas peligrosas las cuales son clasificadas por el Código Nacional Eléctrico Norteamericano en CLASE I: DIVISIONES 1 y 2 a continuación se definen cada uno de estos términos:

#### CLASE I

Comprende las áreas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire ambiente, gases o vapores flamables en cantidades suficientes para producir mezclas -- flamables o explosivas.

## DIVISION 1

Comprende las áreas normalmente peligrosas.

## DIVISION 2

Comprende las áreas que son peligrosas solo bajo condiciones anormales.

En base a la clasificación anterior tenemos que para nuestro caso se consideran las siguientes zonas peligrosas correspondientes a la CLASE I.

Desde la superficie exterior del tanque hasta una distancia de 3 m en todas direcciones se considera una área de la División 2.

Cualquier registro, respiradero o boca abierta de origen hasta una distancia de 1.5 m en todas direcciones a un área de la División 1.

De acuerdo a lo anterior se seleccionará el equipo y las instalaciones eléctricas, debiendo ser del tipo a prueba de explosión cuando se vayan a colocar en áreas de la División 1 del tipo a prueba de vapores en zonas de la División 2.

Para mejor ilustración se adjunta un dibujo en el cual se indican también áreas peligrosas de otro tipo de tanque. Figs. 7-1, 7-2, 7-3, 7-4, y 7-5.

Debido a los riesgos a que están sujetos los tanques - de almacenamiento y a que sus áreas representan grandes con centraciones de vapores, es necesario y normativo que dichos tanques cuenten con dispositivos para su protección.

Dentro de estos dispositivos de protección se encuen-- tran los venteos abiertos de emergencia y las válvulas de - alivio que son de los tipos siguientes: Válvula de seguridad válvula de relevo y válvula de presión y vacío.

Venteeo abierto.

El tipo de venteeo abierto conocido con el nombre de -- cuello de ganzo y sin arrestador de flama es usado en tan-- ques cilíndricos verticales de techo fijo y horizontales - atmosféricos, cuando se almacenan líquidos flamables cuya - temperatura de flamación en copa abierta sea superior a 60° C, baja presión de vapor y con desprendimiento de poca cantidad de vapores y por consiguiente no representan riesgos de incendio.

# AREAS PELIGROSAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FIJO, SIN MURO DE CONTENCIÓN

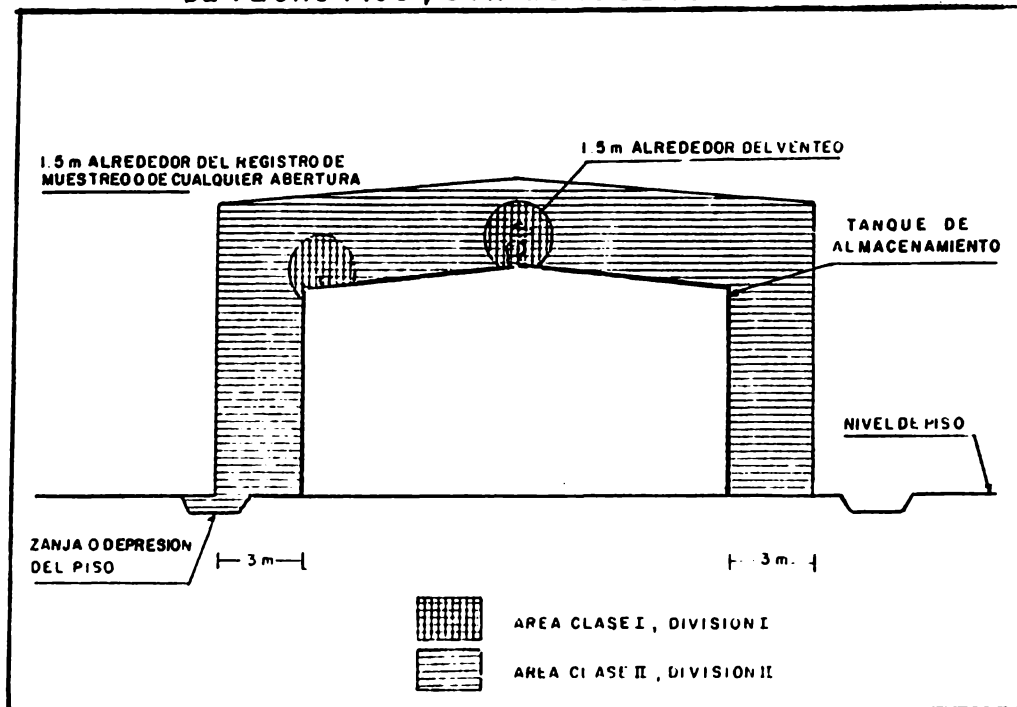


Fig. N° 7-2

# AREAS PELIGROSAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FLOTANTE, CON MURO DE PROTECCION

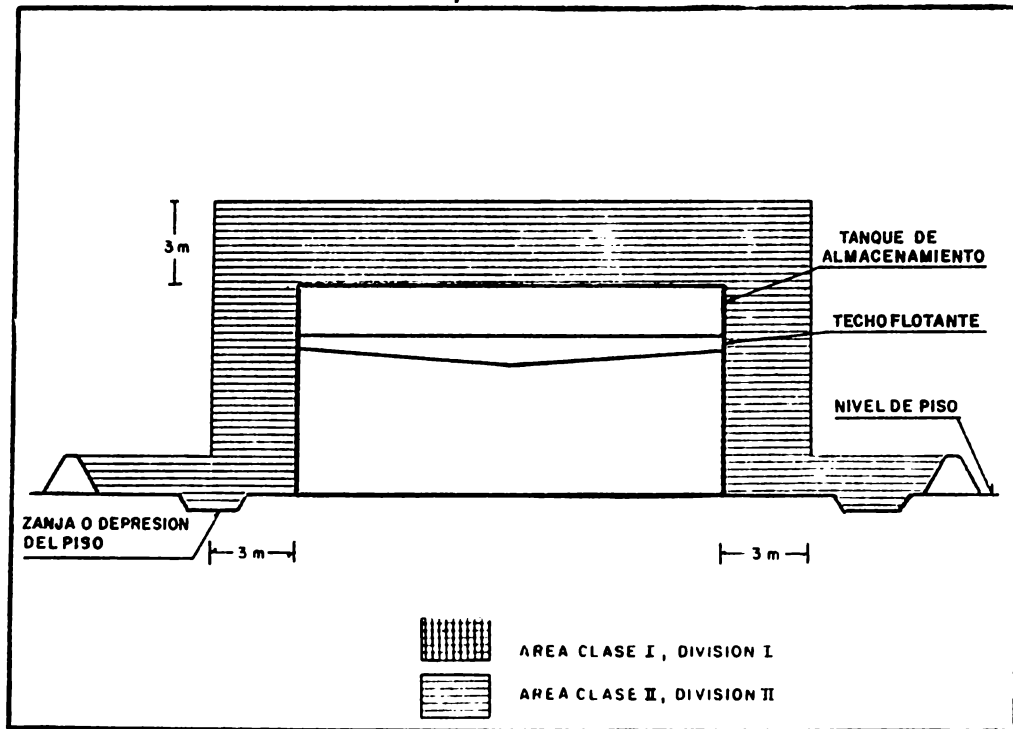


Fig N° 7 - 3

# AREAS PELIGROSAS ENTANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FLOTANTE, SIN MURO DE PROTECCION

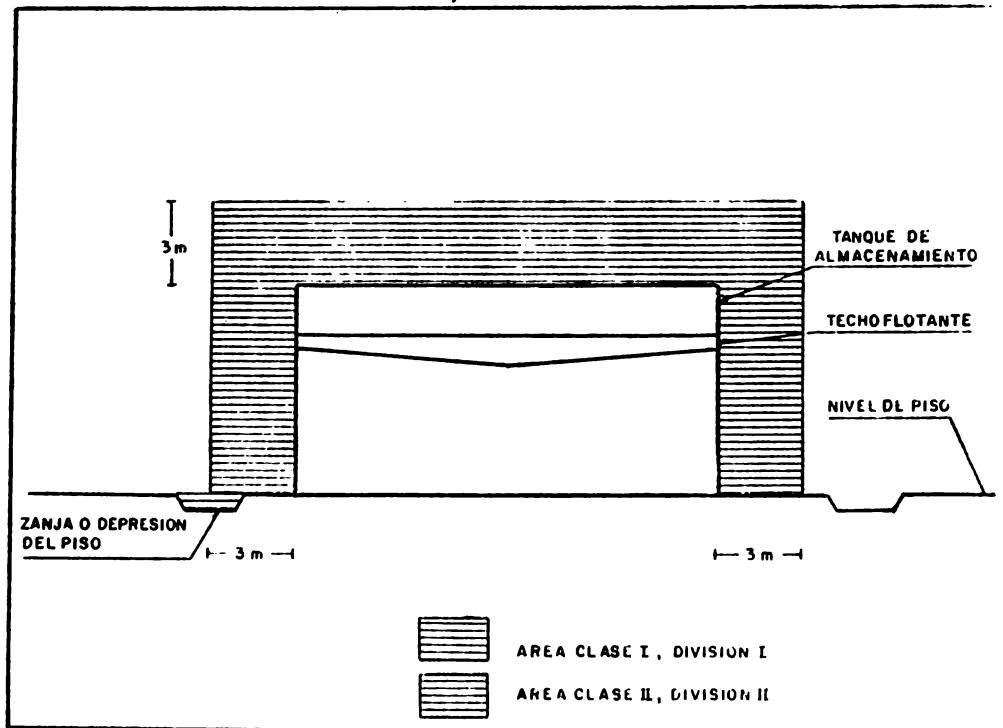


Fig N°7-4



# AREAS PELIGROSAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO ELEVADOS

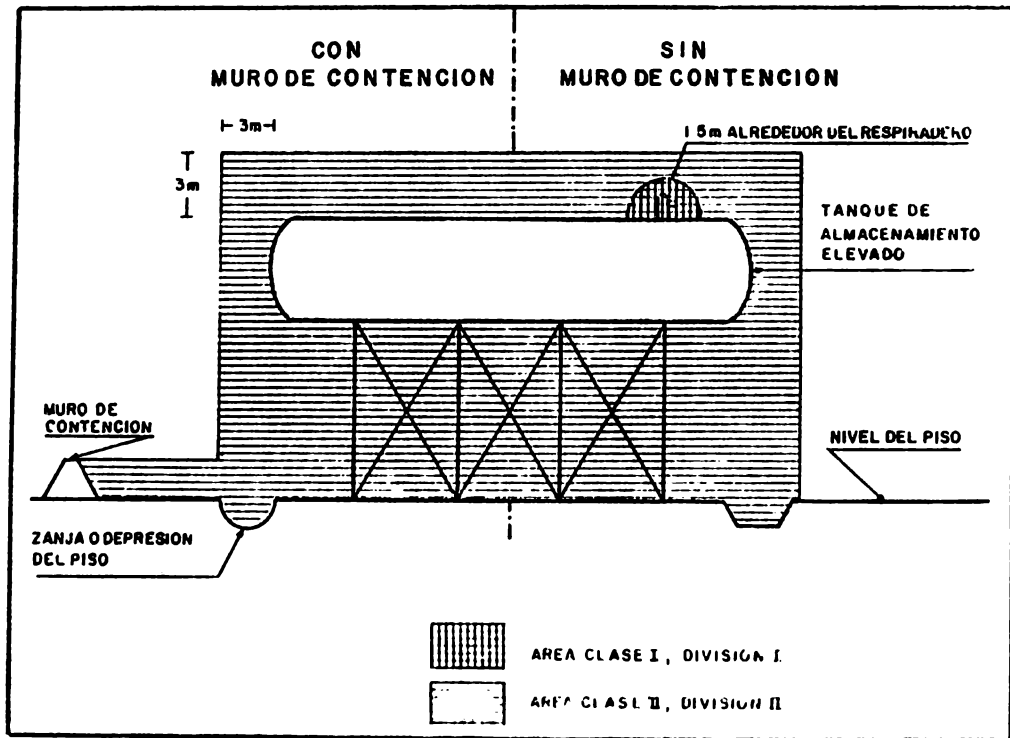


Fig N° 7-5

Estos venteos van conectados al techo mediante una boquilla, cuentan con rejilla para evitar la entrada de pájaros, insectos, etc. y con despabilador para caso de emergencia.

Venteos de emergencia.

Con objeto de ayudar a desfogar el flujo de vapores, -- producidos en caso de incendios a los tanques deberán instalarse dispositivos de emergencia, los cuales son registros con tapas que se desplazan a una presión interna determinada o bien ser construidos de tal manera que la unión entre el -- techo y la envolvente falle a una presión determinada para -- aliviar la presión interna del tanque.

En la tabla No. 2 se indica el volumen total de desfo-- gue, así como el diámetro del orificio de descarga de los -- dispositivos de venteo de emergencia, de acuerdo a la capaci-- dad del tanque.

Válvula de seguridad. Es un dispositivo relevador auto-- mático de presión, actuado por la presión estática aplicada sobre la válvula que tiene como característica una apertura rápida completa o acción de disparo, se usa para gases o va-- pores.

## CAPACIDAD DE RELEVO DE LOS VENITEOS DE EMERGENCIA

CAPACIDAD DEL TANQUE		DESFOGUE TOTAL	CAPACIDAD APROXIMADA DEL ORIFICIO PARA DESCARGAR A DISTINTAS PRESIONES			
$M^3$	BARRILES	$m^3$ aire	7.62 cm $H_2O$	70 gr/cm <sup>2</sup>	175 gr/cm <sup>2</sup>	350 gr/cm <sup>2</sup>
		hora	cm	cm	cm	cm
3 78	23.8	716.49	10.16	6.36	6.08	3.81
15.14	95.2	1988.24	17.14	9.52	7.62	6.35
63.13	428.0	3936.48	24.13	13.97	10.79	9.52
94.62	595.0	4701.12	26.03	15.24	12.06	10.16
211.96	1330.0	7164.96	32.38	18.41	14.60	12.70
378.60	2380.0	10230.16	38.73	22.22	17.78	16.24
586.68	3690.0	12970.56	43.81	24.76	19.68	16.51
840.27	5290.0	14783.04	46.35	26.67	20.95	17.78
1 796 7	11300.0	17671.68	50.80	28.57	22.86	19.68
2782.50	17500.0	18351.36	50.80	29.21	23.49	19.68

Estas válvulas alcanzan su máxima descarga cuando llegan al 103% de la presión de calibración.

Válvula de relevo. Es un dispositivo aliviador automático de presión actuado por la presión estática aplicada sobre la válvula que abre en proporción al incremento de presión de apertura.

Se usa principalmente para líquidos.

Este tipo de válvulas alcanza su máxima descarga cuando la presión alcanza el 110 ó 125 de su presión de calibración.

Válvulas de presión y vacío. Estos dispositivos de alivio se usan principalmente en los tanques cilíndricos horizontales atmosféricos y verticales de techo fijo que almacenan productos líquidos con temperatura de inflamación inferior a 60° C, estos recipientes deberán estar provistos también con arrestador de flama. La característica de estos dispositivos de alivio es que se mantengan cerrados mientras no los opere la presión positiva o negativa.

Estas válvulas se consideran necesarias en los tanques para evitarles rupturas y deformaciones debido a las siguientes condiciones:

- a) En la operación de llenado el tanque desfogará la mayor cantidad de vapores cuando se esté bombeando al máximo -gasto, en virtud del volumen desplazado por el líquido -introducido y por la evaporación causada por la agita---ción.
- b) Al incrementarse la temperatura ambiente se requiere que se desfoguen los vapores producidos por la expansión y -evaporación del líquido almacenado.
- c) Por condiciones de emergencia o anormales tales como incendios.
- d) En la operación de descarga del combustible al máximo --flujo debido a que el líquido desplazado en el tanque genera un vacío, es necesaria la admisión de aire.

Este tipo de válvulas son instaladas en el techo del --tanque por medio de una boquilla, estos dispositivos son una combinación de válvulas de relevo y vacío, diseñadas generalmente para iniciar su operación a  $2.2 \text{ g/cm}^2$  de presión y --- $0.880 \text{ g/cm}^2$  de vacío. Consisten básicamente en una caja metálica que consta de 4 partes fundamentales: un orificio que -comunica directamente con el interior del tanque a través de

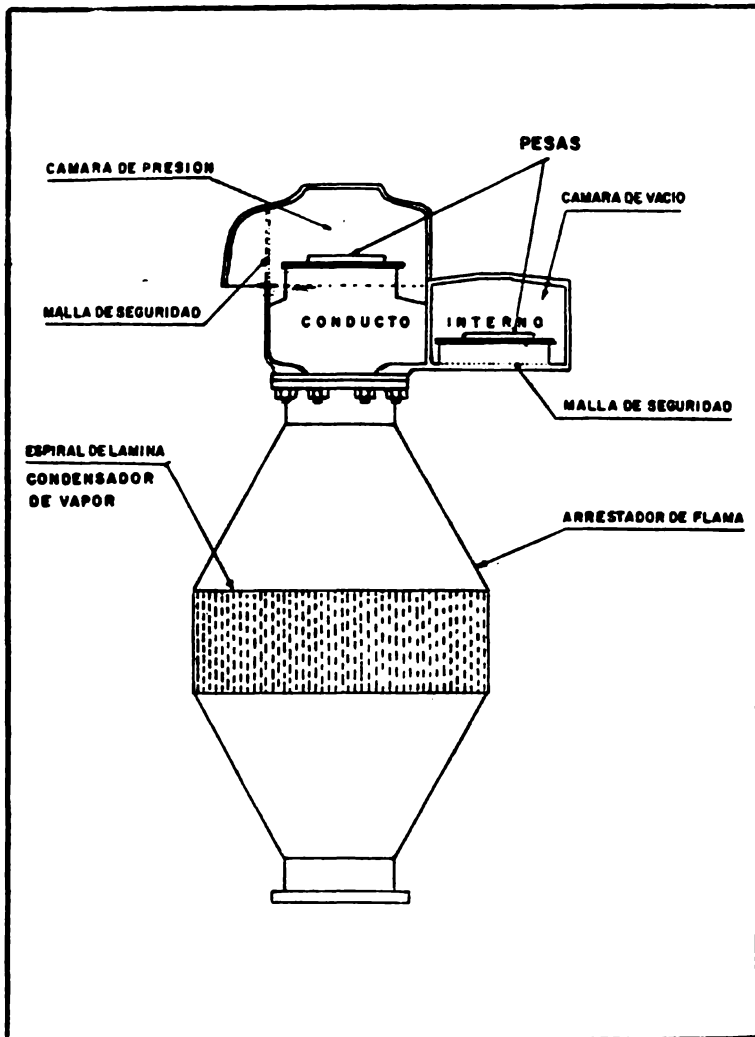
la boquilla, un conducto interno, dos cámaras una para el -- alivio de vapores y la otra para admisión de aire, cada una con sus respectivos platillos guiados por vástagos que pueden desplazarse verticalmente para abrir o cerrar y así permitir la entrada de aire o la expulsión de vapores. Fig. 9.

El arreglo de los orificios y asientos permite que la - válvula permanezca cerrada siempre que la presión dentro del tanque se encuentre en algún punto intermedio entre las presiones de calibración de la válvula. Cuando la presión en el interior del tanque sea menor a la de calibración de la válvula, se establece una diferencia de presión entre las dos - áreas de trabajo del platillo de la cámara de vacío, suficiente para desplazarlo y permitir la admisión de aire. Asimismo cuando la presión aumenta hasta un valor superior a la presión de calibración, la diferencia originará el desplazamiento del platillo de la cámara de alivio para permitir el flujo de vapores al exterior.

Cálculo de las válvulas de presión y vacío.

Para calcular la capacidad de desfogue y de admisión de estas válvulas requeridas para la operación de los tanques - es necesario considerar:

# VALVULA DE VENTEO CON ARRESTADOR DE FLAMA



La Ley de Dalton sobre presiones parciales establece -- que la presión total de una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones que cada gas ejercería estando solo, a la misma temperatura y en el mismo volumen ocupado por la mezcla (suponiendo por supuesto que no hay ningún tipo de reacción química, o que no hay tendencia de un gas por disolver al otro), suponiendo un tanque que contenga un producto volátil a una temperatura absoluta del espacio de vapor ( $T_g$ ) y existiendo equilibrio entre líquido y los vapores sobre la presión atmosférica (14.7 Psia), bajo tales condiciones, el espacio de vapor contendrá una mezcla de gas, teniendo una presión ( $P_{min}$ ), correspondiente a la presión de vapor del producto a la temperatura prevaleciente en la superficie del líquido y aire a una presión de  $(14.7 - P_{min})$ , si la temperatura en el espacio de vapor es incrementada a algún otro valor absoluto ( $T_2$ ), la presión parcial del aire se incrementará en  $(14.7 - P_{min})T_2/T_1$  a esta temperatura incrementada del espacio de vapor, la temperatura en la superficie del producto también se incrementará lo cual redundará en un incremento también en la presión del vapor ( $P_{max}$ ); esto hace una presión total (absoluta) en el espacio de vapor de  $(14.7 - P_{min})T_2/T_1 + P_{max}$ , por lo que la presión teórica de almacenamiento ( $P_g$ ) a la cual el equilibrio es restablecido, y en la cual no ocurrirán pérdidas por respiración, puede ser escrita como sigue:



$$P_s = (14.7 - P_{\min}) T_2/T_1 + P_{\max} - 14.7$$

Debe ser entendido que esta ecuación se aplica a almacenamientos permanentes cuando su uso queda restringido a tanques, los que están construidos para soportar las presiones calculadas.

Para poder hacer uso de esta ecuación, es necesario obtener datos sobre el espacio de vapor y de la temperatura en la superficie del líquido. De acuerdo con pruebas hechas por las más grandes compañías fabricantes de aceites, y datos de métodos para calcular pérdidas por evaporación en aceites -- del API la temperatura máxima en la superficie del líquido -- varía generalmente desde 85°F, hasta 115°F, la temperatura -- máxima en el espacio de vapor tiene un rango aproximadamente 40°F más alto que la máxima temperatura en la superficie del líquido, y la temperatura mínima en el espacio de vapor 15°F menor que la máxima temperatura en la superficie del líquido.

Mientras que el tamaño y el perfil del tanque merma en el producto, color y condición de la pintura exterior del -- tanque duración de la exposición diaria a los rayos del sol, calentamiento interior por introducción de un producto ca---liente, etc. tienen un efecto definitivo sobre las temperatu

ras interiores, sólo dos de ellas influyen sobre la temperatura máxima en la superficie del líquido. Como sea, si no se dispone de información más exacta, se sugiere que la máxima temperatura atmosférica sea usada como la máxima temperatura en la superficie del líquido, y que la información dada anteriormente sea usada como base para estimar las probables temperaturas en el espacio de vapor y en las superficies del líquido. Para estas temperaturas y sus relaciones, ver tabla No. Ejemplo. Determinar la presión de almacenamientos -- (  $P_g$  ), requerida para eliminar pérdidas permanentes en el almacenamiento en un tanque operando al nivel del mar y en un clima donde las máximas y las mínimas temperaturas son de 100°F, y 90°F, respectivamente. Bajo tales condiciones y con la información dada en la tabla No. 2-A la temperatura máxima en el espacio de vapor será de 140°F, y la mínima de 85°F, el producto es gasolina con una presión de vapor de Reid de 9 Lbs., la cual tiene una presión de vapor de (  $P_{\min}$  ) de -- 8.1 Psia. a 90°F y (  $P_{\max}$  ) 9.6 Psia. a 100°F, por lo cual - tendremos:

$$T_1 = 460^\circ + 85^\circ = 545$$

$$T_2 = 460^\circ + 140^\circ = 600^\circ$$

LA TEMPERATURA DEL VAPOR EN EL ESPACIO DE VAPOR

DEBIDA A LA DIFUSION DEL CALOR

TEMPERATURA MEDIDA EN LA SUPERFICIE	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
TEMPERATURA MEDIDA EN LA SUPERFICIE DEL LIQUIDO	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
TEMPERATURA MEDIDA EN LA SUPERFICIE DEL LIQUIDO	90	95	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
TEMPERATURA MEDIDA EN EL ESPACIO DE VAPOR	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
TEMPERATURA MEDIDA EN EL ESPACIO DE VAPOR	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115

VALOR EN GRADOS CENTIGRAOS

TABLA No. 2

sustituyendo en la ecuación :

$$P_s = (14.7 - P_{\min}) T_2/T_1 + P_{\max} - 14.7$$

$$P_s = (14.7 - 8.1) 600/545 + 9.6 - 14.7 = 2.2 \text{ Psig.}$$

$$P_s = 2.2 \text{ Psig.}$$

La altitud debe ser tomada en cuenta si el almacenamiento va a ser llevado a cabo en lugares donde la presión barométrica varía mucho de la del nivel del mar, por ejemplo, la presión atmosférica a 4,000 pies de elevación es de aproximadamente 12.7 Psia., y al igual que como hicimos en el ejemplo anterior, la presión requerida para prevenir pérdidas permanentes del mismo producto y sujeto a iguales variaciones de temperatura es esta altitud, será de:

$$P_s = (12.7 - 8.1) 600/545 + 9.6 - 12.7 = 2.0 \text{ Psig.}$$

Aplicaciones de las leyes de los gases y cálculos simples.

La mayoría de los cálculos requeridos en la solución de problemas de venteo, involucran la aplicación de las leyes fundamentales de los gases las cuales son regularmente usadas por los Ingenieros, tanto Químicos, como los que intervienen en algún paso del proceso. Las más comúnmente usadas para este tipo de trabajo son las de Boyle y Charles, para es

tablecor las relaciones entre las presiones y los volúmenes, y la Ley de Dalton, que se refiere a las presiones parciales.

La Ley de Boyle establece que si una cantidad dada de gas de expandida o comprimida a una temperatura constante, - el volumen varía en proporción inversa a la presión absoluta.

La Ley de Charles establece que a una presión constante el volumen de un gas varía en proporción directa a la temperatura absoluta; a lo que es lo mismo, que a un volumen constante la presión total de una mezcla es igual a la suma de - las presiones que cada gas ejercería sólo y bajo las mismas condiciones de temperatura y volumen ocupado por la mezcla.

Cantidades Molares.- Tanto en este, como en cualquier - trabajo en el que intervengan cambios físicos o químicos, el uso de cantidades expresadas en moles simplifica mucho el -- análisis y los cálculos.

Un mol es definido como la cantidad de una sustancia, - cuyo peso en gramos, en libras, o cualquier otra unidad, conveniente, es numéricamente igual a su molecular. Si se expresa en libras como es el caso más general trabajando con vapores, se le denomina libra Mol.

**Volumen Molar.**- De acuerdo con la hipótesis de Avogadro, iguales volúmenes de gases iguales, bajo las mismas condiciones de temperatura y presión, contienen un número igual de moléculas el volumen molar de cualquier gas a una temperatura y presión estandas (0°C y 760 mm. de Hg; esto es para la mayoría de trabajo) es de 359 Ft<sup>3</sup> por mol a 60°F y 14.7Psia que son las cantidades comúnmente usadas como estandares para presión y temperatura en trabajos de venteo, el volumen molar es aproximadamente 379.5 Ft<sup>3</sup> por Lb Mol

**Ejemplo:** Calcular el volumen ocupado a 0°C y 760 mm de Hg de 100 Lbs, de amoniaco gaseoso ( NH<sub>3</sub> )

$$\text{Peso Molecular del NH}_3 = 17$$

$$16 - \text{Mol del NH}_3 = 100/17 = 5.88$$

$$\text{Volumen de 100 Lbs de gas de NH}_3 = 5.88 (35.9) = 2110.92\text{Ft}^3$$

por lo que a 60°F y 14.7 Psia. El volumen de 100 Lbs de NH<sub>3</sub> - será de :

$$= 5.88 (379.5) = 2231.5 \text{ Ft}^3$$

El volumen molar de cualquier otro gas a 60°F y 14.7Psia puede ser expresado de la manera siguiente:

$$V = 379.5 \frac{W}{M} \text{ donde:}$$

$$V = \text{Volumen en Ft}^3$$

M = peso molecular

Es de gran utilidad generalmente conocer el número de pies cúbicos ocupados por un galón del líquido cuando este está en forma de vapor saturado. Si el peso molecular (M) y las Libras por galón (w), son conocidas es solamente necesario substituir los valores de (M) y (w) en la ecuación anterior y resolver.

Ejemplo.- El peso de la acetona es de 6.59 Lbs por galón, su peso molecular es de 58. calcular la cantidad de Ft<sup>3</sup> ocupados por un galón de acetona líquida, en forma de vapor saturado:

$$V = 379.5 \frac{W}{M} = \frac{379.5 (6.59)}{58} = 43 \text{ Ft}^3 \text{ a } 60^\circ\text{F y } 14.7 \text{ Psia}$$

El volumen (V) a cualquier otra presión (P) distinta a la atmosférica será de :

$$V = 379.5 \left( \frac{W}{M} \right) \left( \frac{14.7}{P} \right)$$

Aplicaciones de las Leyes de Charles y Boyle.

Las leyes de Charles y Boyle pueden ser cambiadas para darnos una ecuación general:  $PV = nRT$ , donde:

P = Presión absoluta

V = Volumen

N = El número de Moles

T = La temperatura absoluta

R = La constante universal de los gases.

La temperatura absoluta (T) en la escala centígrada es de:  $273.11 + T^{\circ}\text{C}$ , mientras que en la escala Fahrenheit es de:  $460 + T^{\circ}\text{F}$ .

Los valores para ( R ) varían de acuerdo con la presión la temperatura y las unidades de volumen en consideración, - de donde despejamos a ( R ) en la ecuación  $PV = nRT$ , tendremos:

$$R = \frac{PV}{nT}$$

por normas estándar, como anteriormente se estableció, tenemos que: para trabajos de conservación, la presión estándar es de 14.7 Psia., y la temperatura estándar de  $60^{\circ}\text{F}$ , bajo estas condiciones fue también establecido que una - - - - - Lb - Mol =  $379.5 \text{ ft}^3$  ( Aprox ) por lo que por substitución - tenemos:



mientras que los gases a presión y temperaturas muy elevadas se apartan mucho de la ley general de los gases perfectos, a presiones moderadas y a temperaturas ordinarias, esta ley es lo suficientemente exacta para la mayoría de los cálculos ingenieriles. Una aplicación práctica de esta ley como se expresa en la ecuación general  $PV = nRT$ , está dada en el ejemplo siguiente:

¿Cuántas libras de CO están contenidas en una vasija de 500 ft<sup>3</sup> de capacidad, si la presión es de 14.7 Psia. La temperatura de 70°F? si el peso molecular del CO es de 28gr/gr mol

Solución:

$$n = \text{número de moles} = \frac{W \text{ en Lbs}}{\text{peso mol}} = \frac{W}{M}$$

entonces, por substitución, tendremos:

$$PV = \frac{W}{M} = RT$$

y despejada a W tendremos:

$$W = \frac{MPV}{RT} = \frac{28 (14.7) (500)}{10.73 (460+70)} = 36. \text{Lbs.}$$

A la inversa, haciendo la operación inversa, tendremos que 36.2 lbs de CO ocuparían un volumen de :

$$379.5 \frac{36.2}{28} T_2/T_1 = 379.5 \frac{36.2}{28} \frac{530}{520} = 500 \text{ FT}^3$$

a cond. de 14.5 Psia y 70°F

Las leyes de Charles de Boyle son también combinadas, y la forma usada frecuentemente es la siguiente:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \text{ó también:} \quad P_1 V_1 T_2 = P_2 V_2 T_1$$

Cualquiera de las dos formas es conveniente para determinar los valores de la presión, el volumen, o de la temperatura. Por ejemplo: Determinar el volumen que ocuparía 76 Ft<sup>3</sup> de gas a 60°F y 75 Psia., a una presión de 210 Psia y una temperatura de 175°F.

Solución:

En este caso tendremos:

$$P_1 = 75 + 14.7 = 89.7 \text{ Psia.}$$

$$P_2 = 210 + 14.7 = 224.7 \text{ Psia}$$

$$T_1 = 460 + 60 = 520^\circ\text{F absolutos}$$

$$T_2 = 460 + 175 = 635^\circ\text{F absolutos}$$

$$V_1 = 76$$

Despejando a  $V_2$  en la ecuación  $P_1 V_1 T_2 = P_2 V_2 T_1$   
tendremos que:

$$V_2 = P_1 V_1 T_2 / P_2 T_1$$

y sustituyendo:

$$V_2 = \frac{89.7 (76) (635)}{(214.7) (520)} = 38.77 + T^3$$

#### Factores de Conversión para Capacidad de Flujo en una válvula

A la misma presión y temperatura inicial, la capacidad libre de gas de una válvula varía inversamente con la raíz - de la gravedad específica ( aire = 1.00 ).

Si la capacidad en gas libre es conocida, multiplíquese esta por el factor de conversión, para obtener la capacidad, en el aire libre.

La capacidad de aire libre de una válvula variará directamente con la raíz cuadrada de la temperatura estandar absoluta (  $60^\circ\text{F} + 640^\circ\text{F}$  ), dividida entre la raíz cuadrada de la temperatura absoluta de entrada a la válvula. La tabla No. 2 <sup>B</sup> enumera gravedades específicas y factores de temperatura, para varias condiciones de flujo.

FACTORES DE CORRECCION DE GRAVEDAD Y TEMPERATUR

(1)	(2)	(1)	(2)	TEMP.	FACTOR	TEMP.	FACTOR	TEMP.	FACTOR
GRAV. ELECTRICA DEL GAS AIRE=1.00	FACTOR CORRECCION ELECTRICA			(°F)		(°C)		(°C)	
0.20	0.447	1.10	1.050	5	1.0575	70	0.9905	200	0.8932
0.30	0.548	1.20	1.095	10	1.0516	80	0.9813	220	0.8745
0.40	0.632	1.30	1.141	15	1.0463	90	0.9723	240	0.8755
0.50	0.707	1.40	1.185	20	1.0406	100	0.9638	260	0.8498
0.60	0.775	1.50	1.223	25	1.0355	110	0.9551	280	0.8383
0.65	0.805	1.60	1.255	30	1.0302	120	0.9469	300	0.8272
0.70	0.837	1.70	1.305	35	1.0249	130	0.9388	320	0.8165
0.75	0.866	1.80	1.340	40	1.0198	140	0.9304	340	0.8063
0.80	0.894	1.90	1.380	45	1.0147	150	0.9223	360	0.7953
0.85	0.922	2.00	1.412	50	1.0098	160	0.9158	380	0.7868
0.90	0.949	2.50	1.581	55	1.0045	170	0.9084	400	0.7776
0.95	0.975	3.00	1.735	60	1.0000	180	0.9014	420	0.7687
1.00	1.000	3.50	1.870						
1.05	1.025	4.00	2.000						

TABLE 1.-

Fórmulas:

Capacidad de aire libre de una válvula =

Cap. Libre de Gas ( f de Correc.de la gravedad esp.  
Factor de corrección de temperatura.

Capacidad de gas libre de una válvula =

(Cap. Libre de Aire ) Factor de Corrección de Temp.  
Factor de corrección de la gravedad específica.

Ejemplo No. 1.- La capacidad de una válvula es de  $3411\text{Ft}^3$  por minuto de gas de 1.5 de gravedad específica, y a una temperatura de  $160^\circ\text{F}$ . ¿Cuál es la capacidad de esta válvula a la misma calibración y sobrepresión, fluyendo a condiciones estandar?

De tabla No. 2-B

Fact. de Corr. para gavedad esp. de 1.5 = 1.223

Fact. de Corr. para temp. de  $160^\circ\text{F}$  = 0.9158 de donde --  
capacidad de aire libre de la válvula =

$$\frac{(3411) (1.223)}{.9158} = 4555 \text{ Ft}^3$$

por minuto.

Ejemplo No. 2.- La capacidad de una válvula es de 4555 ft<sup>3</sup> por minuto de aire libre a 60°F. ¿Cuál es la capacidad de esta válvula, a la misma calibración y sobrepresión, fluyendo un gas con gravedad específica de 1.5 a una temperatura de 160°F?

Viendo la tabla No. 2-B tenemos que:

Fact. de corr. para gravedad esp. de 1.5 = 1.223

Fact. de corr. para temp. de 160°F = 0.9158

de donde la capacidad de gas libre de la válvula es:

$$= \frac{(4555) (0.9158)}{1.223} = 3411 \text{ FT}^3 \text{ por minuto.}$$

FORMULAS DE VENTEO "VAREC"

Para tanques con productos volátiles:

Lado de presión:  $(ABC+D) E + (DFH 1) 6 = M$

Lado de vacío:  $(ABC + D) E + \frac{(AEK)}{L} 1 = N$

Para tanques con productos no volátiles:

Lado de presión:  $(ABC + D) E = M$

Lado de vacío:  $(ABC + D) E = N$

Donde:

A= Capacidad del tanque en barriles (42 galones por barril)

B= Coeficiente de expansión o concentración por grado Fahrenheit (0.002).

C= Máximo cambio por hora en el valor de la temperatura en °F (Interna)

D= Velocidad de bombeo en barriles por hora.

E=  $E t^3$  por barril (  $5.6 \text{ ft}^3$  ).

F= Coeficiente por respiración de la presión de vapor (ver gráfica No. 2-A).

G= Factor de corrección de la gravedad específica equivalente en aire, (valor promedio de gravedad específica de los vapores en un tanque = 1.5 Aire = 1.00 para gases más pesados que el aire, la eficiencia del flujo en todos los dispositivos de venteo es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la gravedad).- Este factor debe ser determinado para que combine, pero si el gas tiene una gravedad específica de 1.5, el factor es de 1.22

H= Galones por barril (42)

I= Ft<sup>3</sup> de vapor por galón del líquido (30).

J= Saturación del líquido en vapor (promedio de 0.003 8. - p.c.p.)

K= El factor de condensación tiene una relación con el líquido equivalente en el espacio de vapor de 2 a 0.5

L= Requerimientos máximos en el lado de presión en  $t + 3/Ht$  de aire equivalente.

**Ejemplo: Productos volátiles:**

Dado un tanque de almacenamiento con cubierta cónica con 80,000 barriles de capacidad, con 40 req. de valor máximo de cambio en la temperatura interna bombeo al interior 1,000 barriles por hora, bombeo al exterior 2,000 barriles por hora, gravedad específica del vapor del tanque a 1.5, presión de vapor del líquido = 5 lb. Reid a 100°F. Determinése los requisitos de venteo:



LADO DE PRESION:

A= 80,000 Barriles.

BA= 0.08 Coeficiente horario de expansión a 40°F por hora.

ABC=6400.00 Barriles de vapor por hora por expansión del vapor.

D= Barriles de bombeo al Int/hora.

ABC = D= 7400.00 Barriles de vapor/hora normal.

E= 5.6 Ft<sup>3</sup> por cada barril de 42 pls.

( ABC + D) E = 41,440.0 ft<sup>3</sup> de vapor por hora normal de exhalación.

D= 1,000 Barriles de bombeo al interior por hora.

F= 0.0068 Coeficiente por respiración de la presión del vapor.

DF= 6.8000 Barriles de líquido debidos a la respiración de vapor.

H= 42 Galones por barril.

DFH= 285.6 Galones de líquido por hora debido a la respiración de la presión del vapor.

J= 30 Ft<sup>3</sup> de vapor por galón de líquido.

( DFH J ) = 8568.0 Ft<sup>3</sup> de vapor por hora por respiración.

( ABC + D) E= 41 440 Et<sup>3</sup> de vapor por hora normal de exhalación.

(DFH J)=8568 Ft<sup>3</sup> de vapor por hora debidos a respiración.

6=1.22 Conección del vapor a equivalente en aire.

M=61009.76 Ft<sup>3</sup> por aire equivalente o requerimiento de presión.

Lado de vacío:

( ABC ) = 6400 BBLs, de aire por hora debido a la contracción del vapor (igual que la expansión del vapor de este mismo ejemplo).

D= 2000 BBLs, por hora de bombeo al exterior.

E= 5.6 Ft<sup>3</sup> por cada barril.

(ABC + D) E = 470400 Ft<sup>3</sup> de aire por hora normal de inhalación por factor de condensación (productos volátiles solamente)

A= 80,000 BBLs.

E= 5.6 Ft<sup>3</sup> por barril.

448000.0 Ft<sup>3</sup> de capacidad del tanque.

K= 0.03 Gls. por Ft<sup>3</sup> de líquido saturado.

L= 2) 1344.00 Gls. Difundidos en el espacio de vapor al máximo vacío del tanque,

672 Gls. condensados del vapor.

J= 30 Ft<sup>3</sup> de vapor por galón del líquido.

$\frac{(AEK)}{L}$  J = 20160 Ft<sup>3</sup> de aire por hora debidos a condensación.

(ABC) + D E = 47040 Ft<sup>3</sup> de aire por hora de inhalación -- normal.

20160 Ft<sup>3</sup> de aire por hora debidos a condensación.

N = 67200 Ft<sup>3</sup> de aire por hora. requerimientos de vacio.

Como está interpretado aquí, un líquido volátil es -- aquel que permanece en estado líquido a temperaturas y -- presiones atmosféricas normales.

En la tabla No. 3 se indican los distintos diámetros de -- válvulas de venteo fabricados por la compañía "VAREC", -- las capacidades de admisión y desfogue están a 38.1 cm H<sub>2</sub>O 15.5°C y 760 mm Hg.

### Arrestadores de Flama.

Los arrestadores de flama son empleados en tanques - de almacenamiento con cubierta cónica, como un aditamiento a la válvula de venteo para proveerla contra el paso - de una flama al tanque, originada por una ignición exterior: De una fuente tal como el rayo. El arrestador usual disponible en el mercado, consiste, en una rejilla o celda arrestadora, hecha de placa corrugada, lo cual provee pequeños conductos suficientes para el paso de vapor, pero no para el paso de la flama, no aún cuando una mezcla explosiva se quemé en un extremo del arrestador.

Definir la localización donde un arrestador de flama es requerido, es una cosa que no puede hacerse con exactitud. La necesidad de un arrestador de flama es generalmente más grande (cuando se tienen aceites de bajo grado de inflamabilidad y poca volatilidad, tales como los que tienen punto de ignición debajo de 110°F.

La capacidad y tamaño de un arrestador de flama para un tanque dado es determinada de la misma manera que se hace para determinar los requerimientos de venteo (sobre las bases de la cantidad requerida de flujo de vapor dentro y fuera del tanque, los fabricantes han establecido las características de flujo de sus respectivos arrestado

res de flama, y es posible seleccionar un arrestador de - la capacidad requerida para cada caso, por sus diferentes valores).

En la instalación de arrestadores de flama en los -- tanques, conectar el arrestador a un sistema de tubos de entrada a otros tanques, a una planta de gas, o a cualquier otro tipo de arreglo, de manera que sea manejada -- una mezcla explosiva a través del sistema, presenta la posibilidad de una detonación, tipo explosión, dentro de -- tal sistema; esto puede arruinar al arrestador y resultar en un daño por fuego a todos los tanques conectados al -- sistema. Mientras que los arrestadores de flama pueden -- ayudar indudablemente a impedir la propagación de una flama a través de un gas inflamable en un sistema de tuberías su efectividad bajo estas condiciones es menor que la de un servicio ordinario, donde los arrestadores ventean directamente a la atmósfera, o a través de una válvula de - venteo.

Los arrestadores de flama deben tener un mantenimiento adecuado para limpiarlos de objetos, tales como materiales corrosivos, pegajosos, etc. que pueden bloquear -- los pasajes del vapor y volver al dispositivo inoperante. Cualquier servicio en el que sea probable por obstrucciones al arrestador, puede redundar en peligros iguales, o

mayores de los que el arrestador fue diseñado para impedir. Los vapores que se condensan en el arrestador de flama pueden tender a bloquear los pasajes de vapor formando substancias pegajosas y humedad concentrada en los vapores, que en tiempo frío, pueden tender a obstruir al arrestador. En ocasiones, los arrestadores tienden a ser bloqueados por "salpicadas" de materiales exteriores de composición pegajosa. Cuando se empleen arrestadores de flama, debe tenerse una frecuente y regular inspección, aunada a un mantenimiento adecuado, para asegurar que siempre están en condiciones óptimas de trabajo. Un regular e infalible programa de mantenimiento en el arrestador de flama es indispensable.

En relación a los arrestadores de flama, debe mencionarse que su mérito al proteger el contenido de un tanque del fuego, pero esto es considerablemente destruído cuando los tanques tienen fugas en la cubierta ocasionadas por cualquier causa, como corrosión. Los arrestadores, por supuesto, no tienen aplicación en tanques con cubierta de madera, las cuales son permeables al vapor. Los arrestadores no tienen aplicación en tanques que operen substancialmente arriba de la presión atmosférica, ya que las velocidades a través de los dispositivos de venteo son normalmente altas, y las rejelas inflables no están normalmente presentes dentro de los tanques.

La experiencia con arrestadores de flama ha mostrado - que no es factible, categóricamente, requerir de su uso en todos los tanques de almacenamiento atmosférico exteriores, o para cualquier particular rango de productos. Como se ha señalado anteriormente, los requerimientos tan variables de mantenimiento, y las posibles consecuencias de falla, son - las mayores limitaciones para su uso. Es recomendable conse-  
cuentemente, que la aplicación de arrestadores de flama a - tanques de almacenamiento atmosféricos, debe ser evaluada - para caso particular, tomando en cuenta todos los factores que intervienen, como el flujo al exterior de vapores, la - composición de los materiales dentro del tanque, condiciones del tiempo, presencia de posibles materiales no deseados en el aire, habilidad para el mantenimiento de los arrestadores cercano de flamas, etc. bajo algunas condiciones, la apli-  
cación del dispositivo no tiene problema, pero en otras si-  
tuaciones, efectos indeseables provocados por el arrestador pueden ser más importantes que aquellos para los cuales el arrestador fue diseñado para corregir.

#### FUNCIONAMIENTO DE LOS ARRESTADORES.

Cuando una combustión o una inflamación de una mezcla - aire gas tiene lugar en un tubo, o en una tubería, una parte del calor generado es absorbido por las paredes del tubo; -- conforme se disminuye el diámetro del tubo aumenta el porcen-

taje de calor absorbido por sus paredes, y la velocidad de -  
la flama através del tubo disminuye usando tubos de diámetro  
suficientemente pequeños (del orden de 102 M.M.), es posible  
prevenir el paso de flama.

Los arrestadores de flama ordinarios no ofrecen completa  
protección contra el regreso de la flama en mezclas explosi  
vas que contienen hidrógeno y algunos otros gases con altas  
velocidades de flama. Fig. 9.



VALVULA DE PRESION Y VACIO CON ARRESTADOR DE FLAMA	CAPACIDAD A 3.81 cm H <sub>2</sub> O A 15.5°C Y 1 Atm	
T A M A Ñ O	PRESION (DESFOGUE)	V A C I O (ADMISION)
cm	m <sup>3</sup> AIRE / hr	m <sup>3</sup> AIRE / hs
5 . 08	9 9 . 12	7 1 . 65
7 . 62	2 5 4 . 88	1 6 1 . 43
1 0 . 1 6	3 9 6 . 4 8	2 8 3 . 2 0
1 5 . 2 4	6 0 1 . 8 0	4 3 0 . 1 3
2 0 . 3 2	9 0 6 . 2 4	8 0 7 . 1 2
2 5 . 4 0	1 5 5 7 . 6 0	1 6 0 2 . 0 0
3 0 . 4 8	1 9 8 2 . 4 0	1 6 9 9 . 2 0

Tabla N° 3

## C A P I T U L O V

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO A TANQUES

## 1.- Sistemas de inundación total.

Los sistemas de protección usados para los recipientes a presión en los cuales están incluidas las esferas, son las instalaciones fijas de rociadores o aspersores de agua, del tipo de diluvio o inundación total, el cual emplea rociadores abiertos, conectados y distribuidos estratégicamente en una red de tubería que proporciona agua a la superficie del recipiente a través de una válvula que es accionada por la operación de un dispositivo de detección de calor, instalado en la misma área de los rociadores. Cuando dicha válvula se abre, el agua fluye en la tubería y descarga por los aspersores en forma de niebla, bañando toda la envolvente del tanque, además pone en funcionamiento un sistema de alarma acústica normalmente un gong accionado por un motor hidráulico.

Este sistema está basado en el hecho de que 4.5 Litros de agua a la temperatura de 10°C, al transformarse en vapor a 100°C, absorbe más de 2,800 cal, por lo que en caso de incendio los rociadores entran en operación sobre la envolvente de un tanque que contiene líquido o gas flamable, la pelcu-

la de agua que cubre a la superficie exterior y a su estructura de soporte lo enfría y mantiene por debajo del punto crítico al que una excesiva absorción de calor podría provocar una explosión, esto se observa en la siguiente gráfica. Fig. 12.

A fin de lograr la máxima eficiencia en estos sistemas, la densidad de aplicación del agua y su distribución por todos los rociadores que protegen esa zona, requieren un minucioso estudio y un diseño adecuado por lo que a continuación se dan algunas bases de diseño:

Gasto máximo para un sistema	11.355 lt/min
-Area máxima protegida por un sistema	2 326 m <sup>2</sup>
-Descarga promedio por rociador con un rango de más-menos (±) 15%	56.775 $\frac{\text{lbs}}{\text{min}}$
-Area cubierta por rociador	8.361 m <sup>2</sup>
-Presión mínima en los rociadores debe ser	0.7031 Kg/cm <sup>2</sup>
-La densidad de descarga deberá estar entre	(8.15-20.5) lt/min m <sup>2</sup>
-Presión de diseño para la tubería de los rociadores	mínima (12.5 Kg/cm <sup>2</sup> )
-La tubería que alimenta la red de rociadores será mínimo	10.16 cm. $\phi$
-Los rociadores abiertos tendrán:	
- diámetro de descarga	13 mm $\phi$

# CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO DEL SISTEMA DE "ROCIADORES"

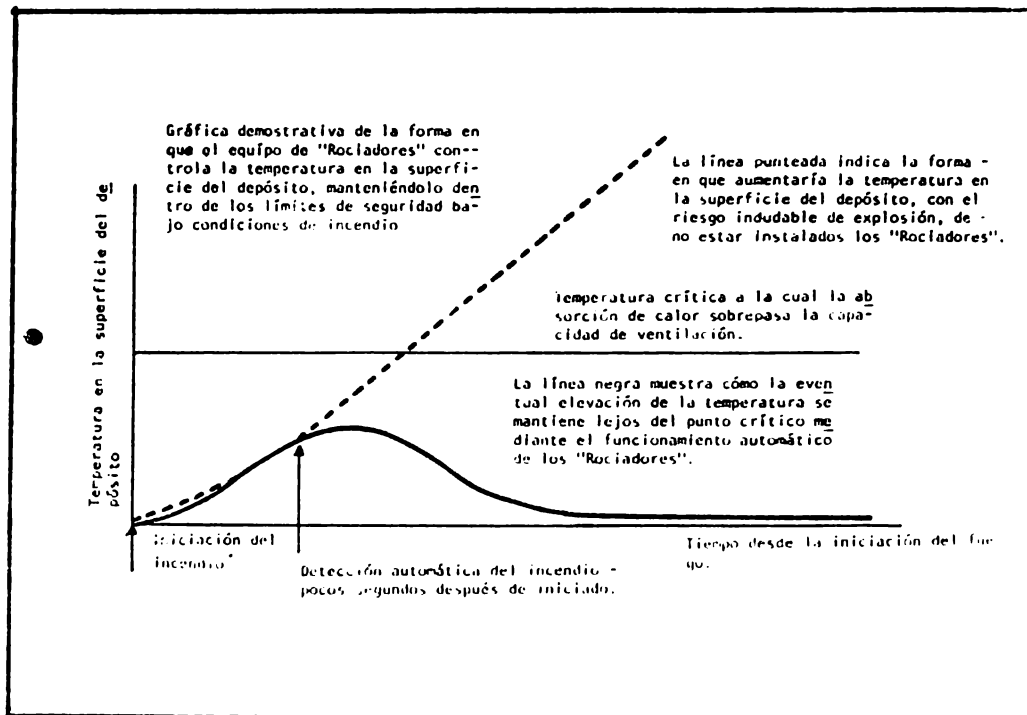


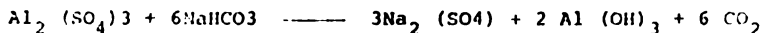
Fig N° 12

## Protección a tanques cilíndricos de presión atmosférica.

### 2.- Espuma.

La espuma es el medio más eficaz y confiable para apagar fuegos en tanques de almacenamiento de combustibles, es considerada desde un punto de vista práctico como un agente espumador estabilizador de pequeñas burbujas de densidad menor que el agua y del aceite y que presentan propiedades para cubrir y adherirse a superficies verticales y horizontales. Puede fluir libremente sobre superficies líquidas incendiadas formando una capa resistente que separa los vapores del líquido combustible del aire, tiene cualidades de alta resistencia al fuego y a la separación por el viento, así como buen poder sellante, el cual recupera en caso de ruptura mecánica; en el combate de incendios estas propiedades las conserva por períodos relativamente prolongados.

A) Espuma química. La espuma química se obtiene por la reacción química de una solución alcalina componente B generalmente bicarbonato de sodio y la otra ácida comúnmente sulfato de aluminio (componente A) mediante la cual se genera el agente espumante y bióxido de carbono, quedando este atrapado en forma de burbujas, de acuerdo a lo siguiente:



A estas soluciones se les agrega 3% de extracto de orozu como agente estabilizador. Esta espuma es muy resistente al calor, a efectos mecánicos y su relación de expansión es de 1:10. Actualmente esta espuma se considera obsoleta.

Requerimientos para la aplicación de soluciones para generar esta espuma, por cada pie<sup>2</sup> de superficie de líquido en tanques.

**Sistema:**

UNICO (2:1)	0.1 gpm ( .3785 Lt/min)
Componente "A"	0.05 gpm(0.19 Lt/min)
DUAL	
Componente "B"	0.05 gpm(0.19 Lt/min)

Para obtener las soluciones se necesita 750 grs. de polvo por 5 lts. de agua.

B) Espuma mecánica. Esta clase de espuma es producida por la mezcla de un agente espumante con agua y aire, la adición se logra por medio de la acción mecánica de eyectores en un -- proporcionador fijo o portátil; existen en el mercado dos líquidos espumantes el regular al 3 y 6 %.

El volumen de aplicación de esta espuma es el que resulta de suministrar 3.785 litros por minuto ( 1 galón por minuto ) de agua por cada metro cuadrado de superficie del tanque protegido y cuando se requiera proteger tanques de techo flotante se hará aplicando espuma resultando de 20 lts. de agua por cada metro cuadrado de superficie anular.

Estos líquidos se obtienen de la hidrólisis de las proteínas vegetales y animales siendo sus principales componentes polipéptidos de elevado peso molecular, para darle mayor resistencia al calor y a los efectos mecánicos se le adicionan sales metálicas polivalentes.

La espuma mecánica del tipo regular producida por los citados líquidos han estado en uso durante 40 años y han demostrado ser prácticas, económicas y eficientes para combatir incendios de líquidos flamables, por lo que se espera que continúen siendo utilizados durante los próximos años. Han reemplazado en su mayor parte a las espumas químicas, las ventajas más notables se encuentran en su flexibilidad, es decir, la espuma se regula de acuerdo a las necesidades, se puede generar muy fluida o de lento desplazamiento pero de larga duración, esto se puede hacer variando en el dosificador su concentración. Existen otras ventajas tales como facilidad a la dosificación, bajo costo, así como también el hecho de que --

las normas para el control de calidad de la espuma protética están bien establecidas en todo el mundo.

Sus principales desventajas son su resistencia relativamente baja a la destrucción por saturación con los vapores -- combustibles si la espuma es arrojada bruscamente o descargada otra vez de una columna de líquido flamable, además su incompatibilidad relativa con algunos polvos químicos secos.

C) Espumas fluoroproteínicas. Esta espuma es muy parecida a la protética descrita anteriormente, se encuentra en el mercado desde 1965 y se tienen reportes que su empleo ha sido -- efectivo en incendio de tanques, poseen las ventajas que que presentan las espumas de tipo regular mejorando su resistencia a la saturación de los vapores del combustible, así como una compatibilidad relativamente mejor con los polvos químicos secos. La porción de proteína hidrolizada del estabilizador de la espuma queda protegida por un compuesto sintético - fluorinado el cual modifica la tensión superficial del líquido combustible y forma una película sobre la superficie de este, disminuyendo su vaporización, además dicho compuesto mejora las características para aplicaciones en servicios más pesados tales como la inyección por abajo de la superficie de líquidos contenidos en tanques. Aún cuando son más costosos -



que los de tipos regulares, las espumas a base de fluoroprotéico han resultado ser mejores que las regulares proteinadas y que las espumas generadoras de película acuosa, ya que presentan mayor resistencia a la reaignición al calor radiante y a la aplicación de agua por la parte superior.

Estas espumas fluoroproteinadas tienen la característica de mantener la sustancia fluorada dentro de la estructura de la espuma lo que permite tener buena capacidad para adherirse a las superficies calientes y evitar con esto la reaignición.

Los requerimientos para la aplicación de esta espuma son los mismos que para los de la mecánica regular, así como - - también se dosifica al 3% ó 6% para formar soluciones.

D) Espuma tipo alcohol. Se genera con concentrados base - protéicos mejorados con aditivos que le suministran resistencia mecánica, estas espumas forman una barrera insoluble entre la pared de la burbuja y la superficie del líquido incendiado. Se emplean al 6% para extinción de fuegos en combustibles solubles en agua y ciertos solventes polares, además para su aplicación se usa la cámara tipo I en tanques y se requiere 400 a 600 ml de agua por  $30 \text{ cm}^2$  de superficie del tanque a proteger.

Espumas sintéticas formadoras de película acuosa. Se basan en componentes fluorinados a los cuales se les adicionan agentes tenso-activos para dar mayor estabilidad a la espuma.

Cuando son generados con equipos succionadores de aire forman estructura espumosa, que al igual que las espumas convencionales sofocan el incendio al aislar el combustible del aire; además depositan sobre la superficie del líquido una película acuosa, la cual al bajar la tensión superficial del combustible disminuye la vaporización de este; por otra parte su baja viscosidad le suministra una alta velocidad de desplazamiento; todo esto da como resultado que sean muy efectivas en el combate de incendios de derrames.

El inconveniente de estos productos es su alta velocidad de drenado. Es decir a diferencia de las espumas protéticas los agentes formadores de películas acuosas no son capaces de retener por mucho tiempo agua en la estructura espumosa, por consiguiente no pueden formar un sello tan rápidamente como para proporcionar protección contra superficies calientes tales como: láminas de los tanques, así como también no ofrecen resistencia a la reignición. Se usan para formar soluciones del 3 al 6% con agua y se aplican 400 ml/min por 30 cm<sup>2</sup> de superficie de recipiente a proteger.

Concentrado para espuma de alta expansión. Forman espumas que son clasificadas de la siguiente manera:

Baja expansión de	1:20
Mediana expansión	20:200
Alta expansión	200:1000

Se usan principalmente en derrames de hidrocarburos incendiados, protección a redondeles de tanques. Se dosifican de 1.5 a 3% para formar soluciones.

Son del tipo de detergentes a los cuales se añaden sustancias tenso activas.

E) Sistemas de espuma. Cámara de espuma. Estos dispositivos forman parte de los sistemas de espuma y son aparatos que se colocan permanentemente en la parte superior de la pared externa del tanque a proteger, aislados de él, por un sello cuando el producto almacenado desprende vapores y utilizados para formar y descargar espuma. Las cámaras tipo II que son las más usadas en la industria petrolera constan de: formador de espuma, placa de orificio, cámara de expansión, sello deflector y empaques; las de tipo I se usan generalmente para tanques que almacenan solventes polares como alcoholes, cetonas y ésteres, sin embargo pueden usarse satisfactoriamente -

# CAMARA DE ESPUMA

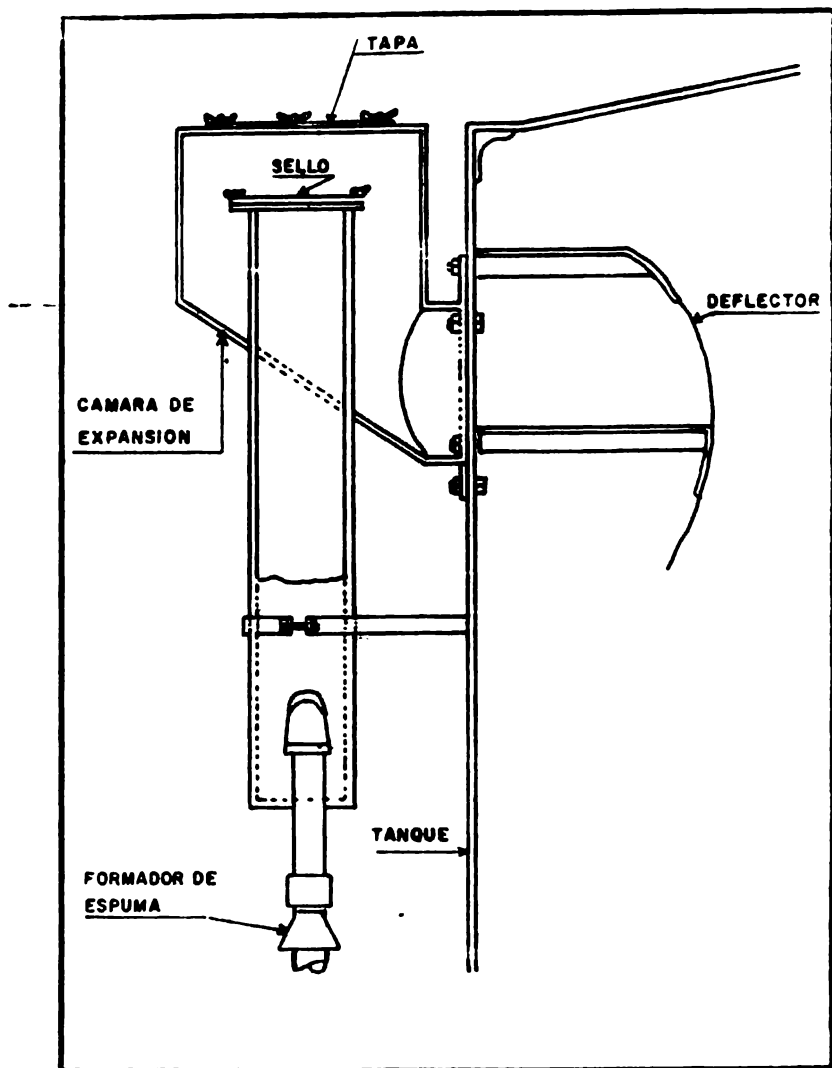


Fig. 13

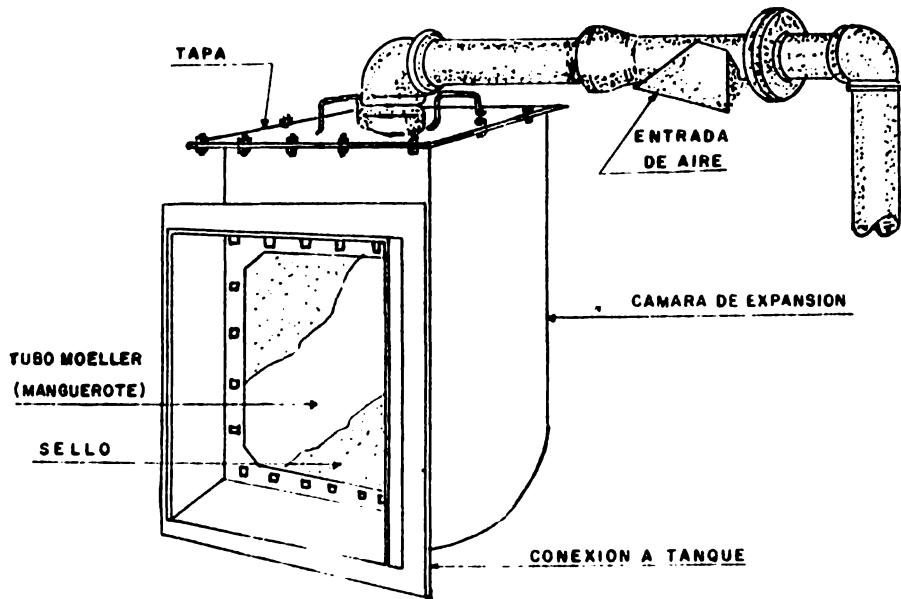


Fig 14

**NUMERO DE CAMARAS DE ESPUMA PARA PROTECCION  
DE TANQUES SEGUN DIAMETROS**

<b>DIAMETRO DEL TANQUE</b>	<b>Nº MINIMO DE CAMARAS</b>
HASTA 25 mts	1
DE 25 a 36 mts	2
DE 36 a 43 mts	3
DE 43 a 49 mts	4
DE 49 a 55 mts	5
DE 55 a 61 mts	6

Tabla N° 4

**PROTECCION ADICIONAL CON MANGUERAS DE ESPUMA ADEMAS DE LA NECESARIA PARA CUBRIR EL RIESGO DEL TANQUE**

<b>DIAMETRO DEL TANQUE</b>	<b>NUMERO DE MANGUERAS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACION</b>
Hasta 10 m	1	10 min
De 10 m. a 20 m	1	20 min
De 20 m. a 28 m	2	20 min
De 28 m. a 35 m	2	30 min
Más de 35 m	3	30 min

Tabla N° 5

en tanques que almacenan gasolinas, diesel, etc., estos dispositivos están compuestos por un formador de espuma, una placa de orificio y un sello, dentro de la caja de expansión se encuentra enrollada una manguera de asbesto llamada "Tubo Moeller" la cual por la presión de la espuma se desenrolla, rompiendo el sello y depositándola suavemente sobre la superficie del líquido incendiado. Figs. 13 y 14. Tabla 4.

#### **Sistemas portátiles.**

Se usan como auxiliares de los sistemas semifijos y fijos así como para protección a tanques cilíndricos horizontales, tanques con techo flotante y en tanques verticalmente hasta de 9 m y 6 m de altura. Tabla 5

Este sistema consta de mangueras conectadas a una boquilla generadora de espuma; esta boquilla succiona el líquido espumante a través de una manguera, por efectos de un venturí y el aire es introducido a la mezcla líquido-agua por acción de otro venturí.

#### **Sistemas semifijos.**

Es el tipo de sistema en el cual los tanques están equipados generalmente con descargas fijas (cámaras de espuma) y tubos que terminan en una o más conexiones hembra de 2 1/2" Ø



uerla NSHT fuera del muro de contención del tanque a una distancia adecuada de uno o más hidrantes, además estos sistemas constan de un equipo móvil que proporciona la mezcla de agua y líquido espumante conectado a través de mangueras contra incendio. Este equipo móvil puede ser un camión moto-bomba o un remolque con sus respectivos proporcionadores y tanques de líquido espumante. Fig. 15.

La característica de este sistema es que tanto la unidad móvil como las mangueras y demás material llegan al lugar, -- después de que comenzó el incendio y luego se conectan a la tubería fija del tanque, succionando agua de hidrantes o de alguna otra fuente de suministro tal como una fosa o un río, según el caso.

**Sistemas Fijos.** Los sistemas fijos están formados por una red de tuberías con válvulas, que conectan la casa central de espuma con cada uno de los tanques, a los que se descarga la espuma, a través de cámaras fijas; en esta central se encuentra almacenado el material extintor pudiendo ser líquido espumante o generadores para espuma química. Fig.16.

En la casa de bombas es conveniente poner un tablero con instrucciones de operación del sistema contra incendio, señalándose ahí también las características de las bombas.

# INSTALACION TIPICA DE UN SISTEMA SEMI-FIJO DE ESPUMA MECANICA

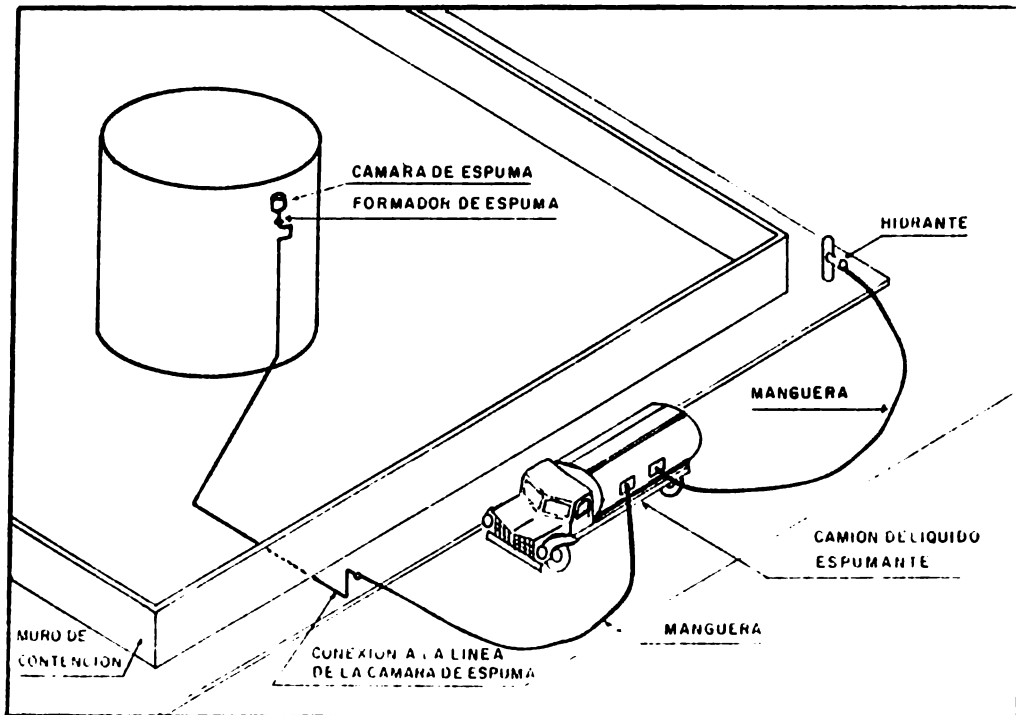


Fig. 1-15

# SISTEMA FIJO PARA ESPUMA MECANICA

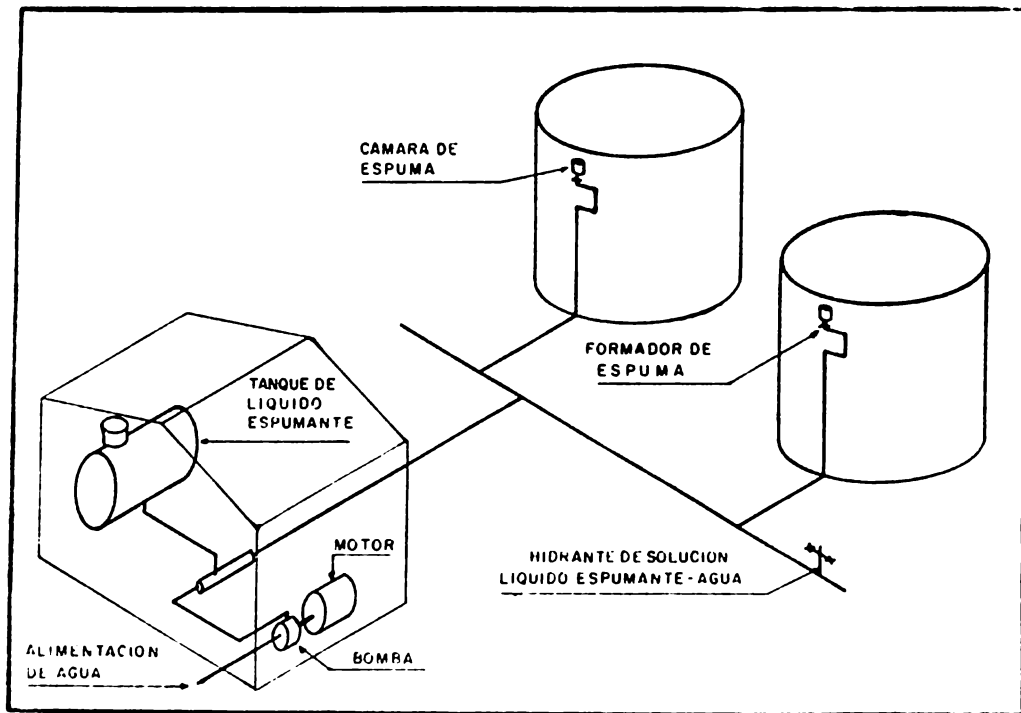


Fig N° 16

Además se deberá colocar un diagrama de las instalaciones, indicándose la posición de las válvulas de control con su nomenclatura para su fácil identificación.

La capacidad de almacenamiento disponible para agua contra incendio y el tiempo de descarga de espuma a los tanques, tanto para los sistemas semifijos como fijos, depende de las instalaciones a proteger, y esto está reglamentado por la National Fire Protection Association y por normas mexicanas ya establecidas de algunas instituciones. Tabla 6.

#### **Sistemas semisumergidos.-Sub-superficie.**

A últimas fechas este sistema se ha venido aplicando con éxito tanto en pruebas como en tanques en servicio, además la Asociación Aseguradora del Petróleo de los EE.UU en una de sus últimas publicaciones recomienda la aplicación de este método para asegurar el suministro de espuma en el centro del tanque como un sustituto de las cámaras de espuma.

En la figura adjunta se ilustra este sistema, el cual consiste básicamente de un dispositivo cilíndrico sumergido en el seno del líquido almacenado, conenctado por medio de tuberías y válvulas por la parte exterior del muro de contención a un -

PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS	TIEMPOS DE ESPUMA EN CAMARAS (en minutos)	
	Cámara Tipo I	Cámara Tipo II
ACEITES LUBRICANTES (mas de 50 seg. Saybolt-Fural a 50°C) con flash-point arriba de 95°C	15 min	25 min
KEROSINAS, DIAFANO, COMBUSTIBLE DIESEL, etc., con flash-point de 38°C a 95°C.	20 min	30 min
GASOLINAS, BENZOL y líquidos similares, con flash-point abajo de 38°C	30 min	55 min
PETROLEO CRUDO	30 min	55 min

Tabla 1196

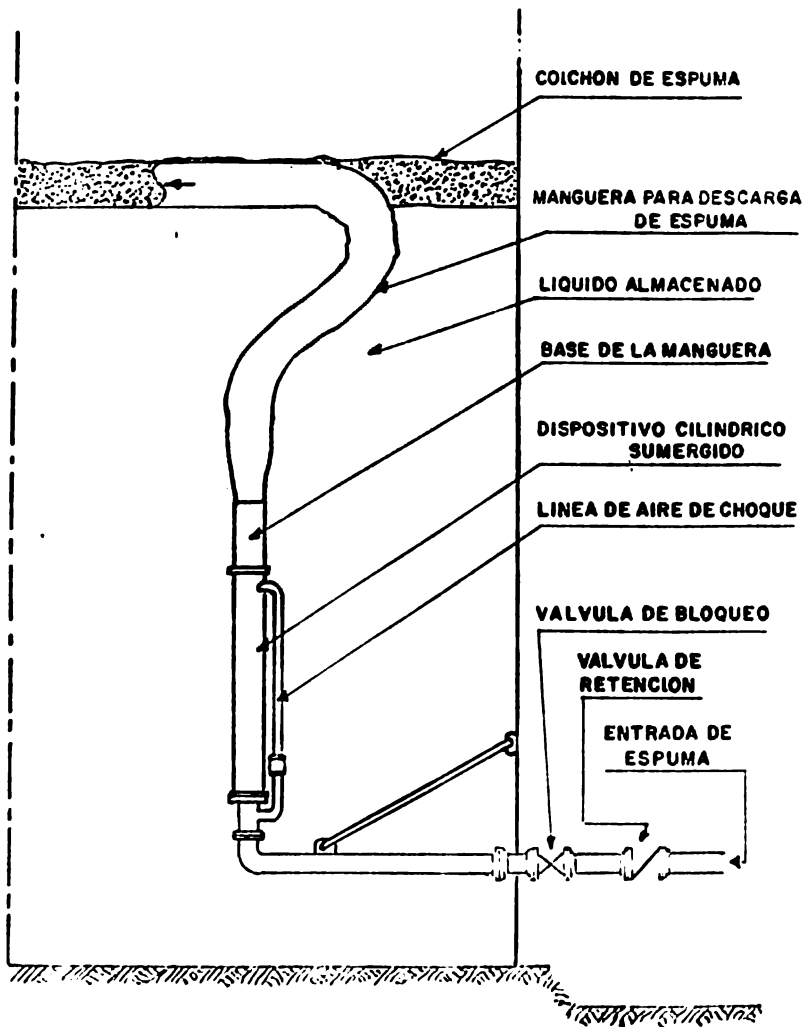
generador de alta caída de presión. Dicho dispositivo contiene dos mangueras, una como base de la misma longitud que el, y la principal de longitud igual a la altura del tanque, estas mangueras no porosas, son fabricadas de nylon con un recubrimiento y tienen como característica ser ligeras, flexibles y resistentes al aceite, están empacadas de tal manera que son fácilmente expulsadas. Fig. 17.

El aparato citado es hermético y está provisto con una cachucha y sello que evita la entrada del combustible a el, así como también a la línea de abastecimiento de espuma, cuenta -- además con una tubería de desviación llamada "línea de aire de choque", la cual está instalada lateralmente entre la parte inferior y la superior del dispositivo cilíndrico mencionado.

#### Operación.

Cuando la espuma es forzada a través de la tubería de entrada, el aire contenido en esta es comprimido y fluye por la línea de choque (sin penetrar en dicho dispositivo) descargándose debajo de la cachucha la cual es disparada hacia afuera, entonces la espuma se introduce en la base de la manguera principal, la cual se llena de espuma, lo que ocasiona que flote y alcance la superficie del combustible en donde la espuma es descargada fuertemente por la terminal abierta de la manguera.

# SISTEMA SEMISUMERGIDO DE INYECCION DE ESPUMA



El tamaño, número y localización de las salidas de descarga de la espuma se determina de acuerdo al riesgo a proteger. Para la operación de este sistema se recomienda una presión en la entrada del proporcionador de  $10 \text{ Kg/cm}^2$ .

sistema de inyección en la base del tanque.

Este se indica en la figura anexa y es similar al descrito en el párrafo anterior, solo que la espuma descarga directamente en el seno del líquido, por medio de un codo de  $90^\circ$  que está conectado al final de la tubería de espuma, por lo que no cuenta como el semisumergido con mangueras ni con el dispositivo cilíndrico que las contiene. Fig. 18.

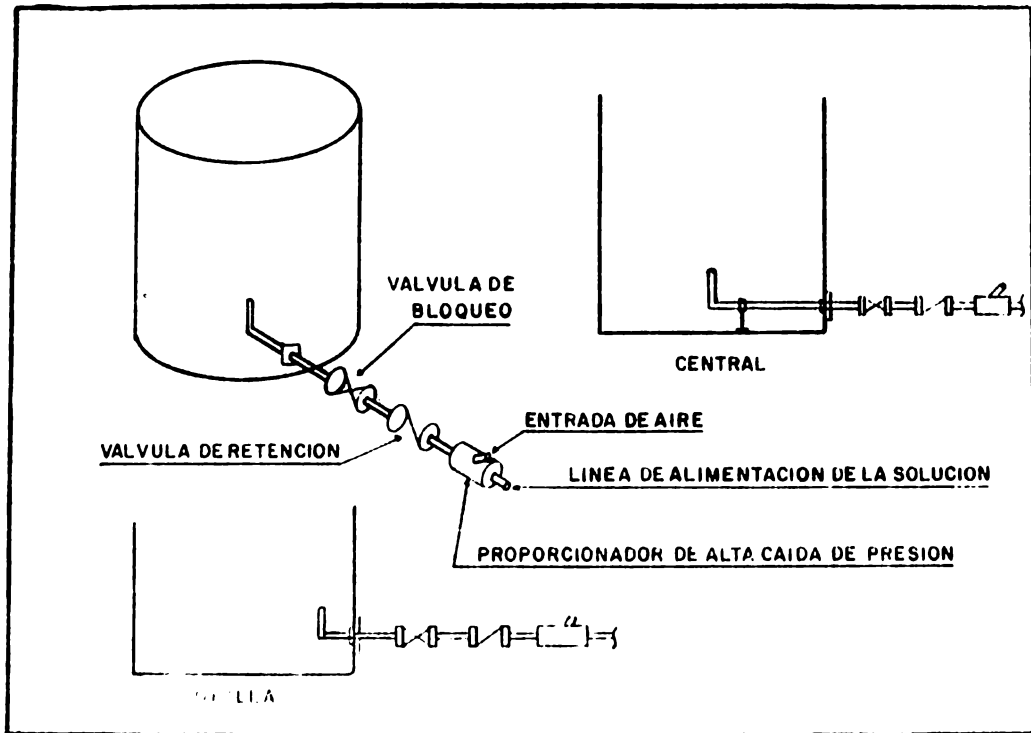
La espuma así aplicada se desplaza por diferencia de densidades a través del líquido hacia la superficie. Este movimiento de la espuma tiende a su vez a desplazar el producto frío para arriba, reduciendo con ello la intensidad de la flama.

Una ventaja de este método es que el quipo puede ser trasladado al lugar del incendio, no habiendo necesidad de tener protegido cada tanque con proporcionadores de espuma.

Entre las desventajas que se atribuyen a este método se -



# SISTEMA DE INYECCION EN LA BASE DEL TANQUE



encuentra el hecho de que la espuma después de estar en contacto con el líquido combustible queda impregnada de este, lo cual provoca que una parte de la espuma se quemé y se destruya en pocos minutos; asimismo en algunas ocasiones el flujo de la espuma en el área donde está brotando impide que se forme un sello, lo que causa que permanezca esta parte de la superficie del líquido incendiada.

Por otra parte este sistema no se recomienda para proteger tanques que almacenan alcoholes, solventes y en general líquidos solubles al agua, independientemente de la espuma empleada.

Las pruebas y experiencias en el campo han demostrado que la espuma fluoroproteínada es el mejor agente para emplearse en este método. La velocidad de inyección de la espuma en la entrada de los tanques que contienen productos volátiles, tales como gasolinas no deberá ser mayor de 300 cm/seg. y para protección de recipientes que almacenan productos menos volátiles tales como kerosinas y gasoleos será de 600 cm/seg. máxima.

Equipo y Accesorios.

Típos de proporcionadores de espuma.-

#### Proporcionador de línea.

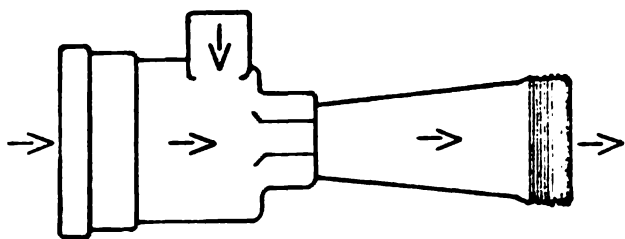
Los proporcionadores de línea de tipo venturi se usan intercalándose entre dos mangueras de contraincendio y succionando el líquido espumante de recipientes portátiles. Fig. 19.

#### Limitaciones:

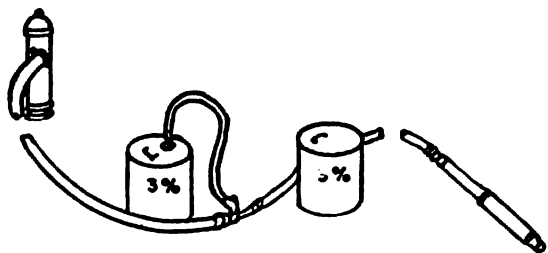
- a) Se deberá emplear el proporcionador y la boquilla (de preferencia) dos tramos de manguera como máximo. Cuando se use este tipo de proporcionador en sistemas fijos deberán tenerse en cuenta sus especificaciones particulares para determinar la distancia y altura a que vaya a descargarse la espuma.
- b) Se debe tener en cuenta que la caída de presión a través del proporcionador es de aproximadamente una tercera parte de la presión de entrada.
- c) La altura del fondo del recipiente que contenga el líquido espumante no deberá ser mayor de 1.80 m al proporcionador.

#### Proporcionador alrededor de la bomba.

Este proporcionador consiste en un eductor instalado en la línea que va de la descarga a la succión de la bomba de agua. La cantidad de agua que fluye a través del proporcionador succione el líquido espumante requerido, inyectándole a la succión de la propia bomba. Fig. 20



**PROPORCIONADOR DE LINEA PARA ESPUMA MECANICA**



**CONJUNTO DE PROPORCIONADOR, MANGUERA DE SUCCION Y BOQUILLA PARA ,ESPUMA MECANICA**

# SISTEMA DE PRESION BALANCEADA

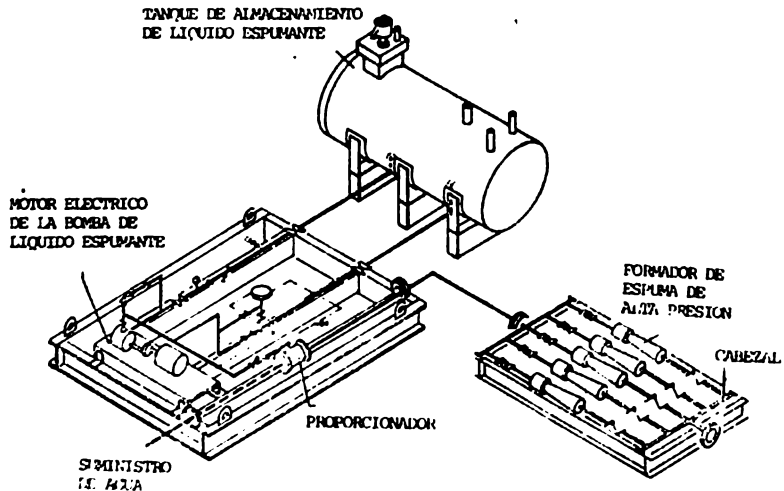


Fig. 142.1.

Limitaciones:

- a) La presión del agua en la succión de la bomba deberá ser cero o de vacío.
- b) La altura del fondo del recipiente del líquido espumante al eductor, no deberá ser mayor de 1.80 m.
- c) La cantidad de agua que fluye por el eductor deberá ser 38 a 150 lts., dependiendo de su capacidad y de la presión de la bomba.

Proporcionador de desplazamiento positivo.

Este proporcionador consiste en un motor hidráulico y una bomba, ambos rotatorios de desplazamiento positivo montados sobre la misma flecha. El agua que entra al motor a través de -- una manguera contraíncendio, produce el movimiento de la bomba que succiona el líquido espumante del recipiente que lo con tenga y lo envía a la línea de descarga del motor hidráulico.

Limitaciones:

- a) La caída de presión a través de este proporcionador es de 25% a una presión de  $6 \text{ Kg/cm}^2$  y flujo máximo.

### Bomba proporcionadora.

Consiste en una bomba auxiliar ya sea movida por el mismo motor de la bomba de agua acoplándose a su flecha, o con otro motor; que inyecta líquido espumante a la corriente de agua a través de un inductor. La solución resultante da a una boquilla o cámara de espuma. El inductor puede ir en cualquier punto de la línea entre el suministro de agua y la cámara o boquilla de espuma.

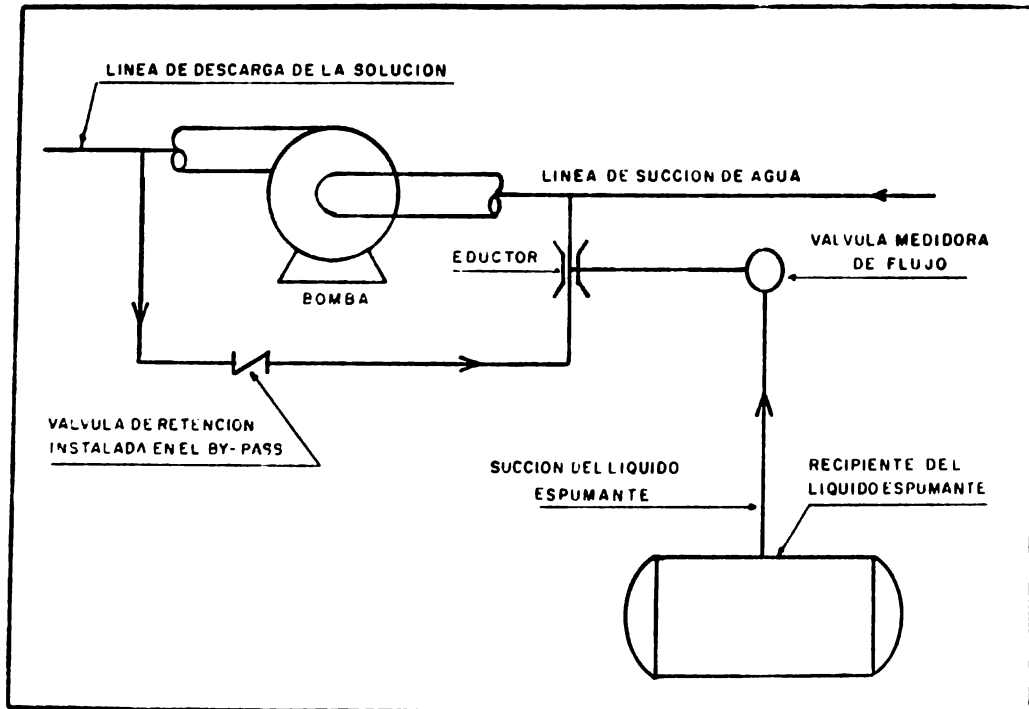
### Limitaciones:

- a) La caída de presión a través del proporcionador varía de 5 a 30 lbs/pulg<sup>2</sup> dependiendo del volumen de agua que fluye por el inductor.
- b) La capacidad del proporcionador puede variarse del 50 al 200% de su valor nominal.
- c) Se requiere una bomba especial para adicionar el líquido espumante.

Dentro de este sistema se encuentra el de presión balanceada que a continuación se describe. Fig.21

Sistema de presión balanceada.

# PROPORCIONADOR ENTRE LA DESCARGA Y LA SUCCION DE LA BOMBA



F. g. N° 21



Este sistema que se ilustra en el diagrama adjunto se usa para dosificar líquido espumante al 3% a una corriente de agua esta mezcla se efectúa en un proporcionador de flujo el cual - puede ser de diferentes capacidades según las necesidades del riesgo mayor a proteger.

El gasto del líquido es suministrado por una o dos bombas actuadas por motores eléctricos o de combustión interna, además la dosificación de este agente espumante es controlada automáticamente con una válvula de diafragma igualando la presión de -- flujo con la del agua.

Este sistema también puede operar manualmente accionando - la válvula de diafragma, guiándose por la lectura del manómetro duplex cuyas tomas de presión están conectadas una en la línea de descarga de la bomba de líquido y la otra de agua en el proporcionador.

CAPITULO VI  
CONCLUSION

El estudio anterior no pretende agotar los temas de normas de construcción y sistemas de protección y seguridad a tanques de almacenamiento, simplemente es una aportación de la recopilación de experiencias adquiridas durante el desempeño de mi trabajo como auditor de seguridad en el Departamento de Seguridad Industrial, de la Gerencia de Ventas de Petróleos Mexicanos, no obstante permite visualizar claramente la importancia económica y técnica que tiene la correcta especificación en el equipo de control y seguridad de los tanques de almacenamiento y por consecuencia la necesidad de que se formen muchos más profesionales especializados en esta rama de la Ingeniería Química.

## CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

Manual del Ingeniero Químico

John H. Perry

UTEHA - 1966

Ingeniería de producción del Petróleo

Le Charles Uren

Continental S.A. - 1965

Tratado de Química Física

Samuel Glasstone

Aguilar - 1953

American Petroleum Institute Specifications For Oil Storage Tanks

- 1964 -

Fabricación de Tanques Atmosféricos

Petróleos Mexicanos 3.612.04.

Flamable Liquid Storage Tanks Protection (Sec. VI)

National Foam - 1979 -

Foam Compounds and Foam Making Equipment

Angos Fire Armour - 1979 -