

41  
rej.

TESIS CON  
FALLAS DE ORIGEN



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
"ZARAGOZA"

**IMPORTANCIA DE LOS DISPOSITIVOS DE  
VENTEO EN EL ALMACENAMIENTO, DE  
LIQUIDOS EN PLANTAS DE PROCESO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

**INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A**

**Flora Antor Hernández**

México D. F.

1986



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 está 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

	Página
CAPITULO I	
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO II	
GENERALIDADES .....	3
2.1) Conceptos Básicos .....	3
2.1.1) Punto Flash .....	3
2.1.2) Temperatura de Ignición .....	4
2.1.3) Límites de Flamabilidad .....	4
2.1.4) Rango Explosivo .....	6
2.1.5) Gravedad Específica .....	6
2.1.6) Solubilidad en Agua .....	6
2.1.7) Densidad de Vapor .....	7
2.1.8) Presión de Vapor .....	7
2.1.8.1) Presión de Vapor de un Líquido .....	7
2.1.8.2) Presión de Vapor Verdadera de un Líquido .....	8
2.1.8.3) Presión de Vapor Reid (PVR) .....	8
2.1.8.4) Presión Parcial de Vapor .....	8
2.1.9) Saturación de un Espacio de Vapor .....	9
2.1.10) Difusión en un Espacio de Vapor .....	9
2.2) Definiciones .....	10
2.2.1) Tanque Atmosférico .....	10
2.2.2) Líquidos Combustibles .....	10
2.2.3) Líquidos Flamables .....	10
2.2.4) Petróleo Crudo .....	10
CAPITULO III	
SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS .....	11
3.1) Descripción de Tanques y Recipientes .....	11
3.1.1) Tanques con Capacidad Nominal abajo de 12 000 .....	11
Galones.	
3.1.2) Tanques con Capacidad Nominal arriba de 12 000 .....	18
Galones.	
3.1.2.1) Tanques de Almacenamiento Verticales con Presión ...	18
de Operación cercana a la Atmosférica.	
3.1.2.2) Formas Generales de Construcción .....	19

3.1.2.3)	Tanques de Techo Fijo .....	22
3.1.2.4)	Tanques de Techo Flotante .....	25
3.1.2.5)	Tanques de Techo Fijo con Cubierta Interna .....	27
	Flotante.	
3.1.3)	Recipientes de Almacenamiento con Rango de Operación de 0.5 a 15 lb/in <sup>2</sup> .	28
3.1.4)	Métodos Seguros de Almacenamiento .....	31
3.2)	Localización de Tanques .....	36
3.3)	Tanques, Diseño y Especificaciones .....	38
3.4)	Operaciones Normales y de Emergencia .....	40
3.5)	Mantenimiento .....	42

CAPITULO IV

DISPOSITIVOS DE VENTEO .....	44	
4.1)	Venteo Atmosférico para Recipientes a baja Presión ..	44
4.2)	Determinación de Requerimientos de Venteo .....	45
4.3)	Requerimientos de Venteo Normal .....	46
4.3.1)	Relevo de Vacío .....	47
4.3.2)	Relevo de Presión .....	48
4.4)	Requerimientos de Venteo de Emergencia .....	50
4.5)	Dispositivos de Venteo .....	53
4.5.1)	Venteo Normal .....	54
4.5.2)	Venteo de Emergencia .....	70
4.5.3)	Asientos de Venteo .....	75
4.5.4)	Localización y Mantenimiento .....	78
4.5.5)	Materiales de Construcción .....	79
4.5.6)	Pruebas de Dispositivos de Venteo .....	80
4.5.7)	Fórmulas para Cálculo de Venteo .....	81
4.6)	Sistemas de Recuperación de Vapor .....	87
4.7)	Pérdidas por Evaporación en la Industria .....	88
	Petrolera.	
4.7.1)	Fuentes de Pérdidas por Evaporación .....	91
4.7.2)	Factores que Afectan las Pérdidas por Evaporación ..	94
4.7.3)	Tanques y Equipo para Control de Pérdidas por .....	99
4.7.4)	Otros Medios para Control de Pérdidas .....	100

CAPITULO V

CRITERIOS DE SELECCION .....	102
------------------------------	-----

	Página
CAPITULO VI	
APLICACIONES .....	104
6.1) Planteamiento del Problema .....	104
6.2) Características del Sistema de Almacenamiento .....	105
6.3) Propiedades Físicas de los Productos Almacenados ...	105
6.4) Cálculo de los Requerimientos de Venteo .....	106
6.5) Selección de las Válvulas .....	109
CAPITULO VII	
CONCLUSIONES .....	111
CAPITULO VIII	
BIBLIOGRAFIA .....	113

C A P I T U L O I

---

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

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

---

El propósito de este trabajo se orienta básicamente al aspecto de seguridad, haciendo hincapié constantemente a la respectiva importancia dentro de las plantas de proceso.

Inicialmente se puede inducir que éste tema es relativamente simple y poco común, pero actualmente se ha estudiado y analizado más a fondo los problemas sobre venteo en sistemas de almacenamiento, y se ha llegado a la conclusión de que es tan importante que ha venido a formar parte de los requerimientos de seguridad casi en su totalidad.

Para familiarizarse sobre la existencia de dichos dispositivos, se sabe a nivel de información que existen ciertos tipos de venteos, y que deben llevar o ser instalados en un sistema de almacenamiento, pero casi nunca se han visto con detalle. Es importante conocer el tipo de dispositivo, la capacidad de venteo adecuado etc., que realmente necesita ese sistema, para que disponga de una operación de venteo segura y sin riesgo alguno.

Así que, a lo largo de este trabajo se desarrolla punto por punto la importancia y aplicación que tiene éste requerimiento, únicamente para los sistemas de almacenamiento estrictamente a presión atmosférica, dentro de plantas de proceso.

Cabe mencionar que estos dispositivos, tratan en rangos de presión relativamente moderados, (condiciones de operación cercanas a la atmosférica). Lo que hace suponer que las condiciones críticas que se llegaran a presentar, serían definitivamente las de un suceso de accidente, en un almacenamiento de un producto con venteos inadecuados, debido a fallas de operación en los dispositivos, o insuficiencia de venteo.

Por lo tanto, al presentarse un accidente de esta naturaleza provocado por estas posibles causas, hace de éste "detalle" en requerimientos de seguridad sea un poco más profundizado con el debido interés que éste se merece.

De esta forma, el desarrollo de este trabajo se inicia proporcionando la definición de algunos conceptos generales, que de alguna manera los cuales sirven para adentrarse al tema y así, no se presentan confusiones en cuanto al manejo de ellos mas adelante.

También se elabora una descripción acerca de los -- sistemas de almacenamiento para los cuales aplican los dispositivos de venteo. Su máximo alcance en su máxima extensión, de los sistemas está restringida únicamente por el rango de presión de operación para tales dispositivos.

Por lo tanto otro tipo de almacenamiento en especial (almacenamiento de productos a presión superior a la atmosférica) queda excluido totalmente de este tema.

En cuanto a los dispositivos de venteo, éstos se -- discuten en forma más detallada en el capítulo IV, en donde se mencionan los tipos más comunes que existen para alguna aplicación en particular, ya sea en área de almacenamiento o de proceso.

Además de indicar los requerimientos de venteo tanto normal como de emergencia, se proporcionan las fórmulas para cálculo de venteo que pueda requerir cierto sistema en algún sector.

Finalizando así, con la elaboración de una aplicación de éstos a un problema, dentro de un sistema de almacenamiento de productos volátiles (derivados del petróleo) en una planta de proceso. Este cálculo y selección se basó empleando exclusivamente el manual de venteo "Varec".



C A P I T U L O   I I

G E N E R A L I D A D E S

## GENERALIDADES

---

Esta parte la va a constituir principalmente la definición de algunos conceptos y términos que son de gran importancia para el desarrollo de los objetivos afines contenidos en este trabajo.

Algunos de los términos están ligados intimamente con problemas sobre pérdidas por evaporación, así como en la determinación de la capacidad de flujo en las válvulas de venteo y en la determinación de las causas de incendio en los tanques de almacenamiento.

También se mencionan propiedades de riesgo de incendio de líquidos inflamables y de sólidos volátiles, (ya que conocer dichas propiedades proveerá ciertos conocimientos para evitar daños que puedan presentarse en los recipientes expuestos a fuentes externas de fuego).

De lo anterior se ve que el peligro o falla de los tanques de presión interna expuestos a incendio dependerá principalmente de las características del líquido y del tipo del tanque.

### 2.1 CONCEPTOS BASICOS

#### 2.1.1 Punto Flash

El punto flash de un líquido es la mínima temperatura a la cual se forma suficiente vapor para formar una mezcla inflamable en contacto con el aire cercano a la superficie del líquido. Por mezcla inflamable se entiende aquella que, dentro del rango explosivo es capaz de producir la propagación de flama a una distancia de la fuente de ignición cuando ésta es encendida. Algunas evaporaciones toman lugar por debajo del punto flash, pero en suficientes cantidades para formar mezclas explosivas.

Este término aplica principalmente a líquidos flamaables, aunque existen ciertos sólidos tales como el naftaleno y alcanfor que evaporan despacio o volatilizan a temperaturas ordinarias, o líquidos tales como la benzina que congela a temperatu

ras relativamente altas y por lo tanto tiene puntos flash instantáneos en el estado sólido. El símbolo del punto flash representado en depósitos o recipientes de prueba cerrado es designado por las iniciales "OC".

### 2.1.2 TEMPERATURA DE IGNICION

La temperatura de ignición de una sustancia ya sea sólido, líquido o gaseoso, es la mínima temperatura requerida para iniciar o causar por sí misma una combustión sustentada independiente del calor o la fuente de energía.

Las temperaturas de ignición observadas bajo un conjunto de condiciones puede ser modificad por un cambio de condiciones. Por esta razón, las temperaturas de ignición deberán ser vistas solamente como aproximaciones.

Algunas de las variables conocidas que afectan la temperatura de ignición son la composición de la mezcla gas o vapor-aire, la forma y tamaño del espacio donde ocurre la ignición, la rapidez y duración del calentamiento, el tipo y la temperatura de la fuente de ignición, y concentración de oxígeno.

Existen muchas diferencias en métodos de prueba de temperatura de ignición, tales como tamaño y forma del contenedor, método de calentamiento y fuente de ignición, lo cual significa que las temperaturas de ignición varían en función del método de prueba.

### 2.1.3 LIMITES DE FLAMABILIDAD

En el caso de gases o vapores los cuales forman mezclas flamables con aire u oxígeno, existe una mínima concentración de vapor en aire u oxígeno bajo la cual la propagación de flama no ocurre en contacto con una fuente de ignición. Por consecuencia se tiene una máxima proporción de vapor o gas en aire por encima a la cual la propagación de la flama ocurre. Estas limitaciones de las mezclas vapor o gas-aire se conocen como límites flamables inferior y superior, y es normalmente expresado en términos de porcentaje de volumen de gas o vapor en aire, ver tabla 2.1.

No.	COMPUESTO	PESO MOLECULAR	PRESION DE VAPOR A 100° F (PSIA)	LIMITE DE FLAMABILIDAD % VOL. EN AIRE	
				BAJO	SUPERIOR
1	Metano	16.043	(5000)	5.0	15.0
2	Etano	30.070	(800)	2.9	13.0
3	Propano	44.097	190.	2.1	9.5
4	n-Butano	58.124	51.6	1.8	8.4
5	Isobutano	58.124	72.2	1.8	8.4
6	n-Pentano	72.151	15.570	1.4	8.3
7	Isopentano	72.151	20.44	1.4	(8.3)
8	n-Hexano	86.178	4.956	1.2	7.7
9	Neohexano	86.178	9.856	1.2	(7.7)
10	n-Heptano	100.205	1.620	1.0	7.0
11	n-Octano	114.232	0.537	0.96	—
12	Isooctano	114.232	1.708	1.0	—
13	n-Nonano	128.259	0.179	0.87 <sup>a</sup>	2.9
14	n-Decano	142.286	0.0977	0.78 <sup>b</sup>	2.6
15	Ciclohexano	70.135	9.914	(1.4)	—
16	Cicloheptano	84.162	3.264	1.3	7.8
17	Etileno	28.054	—	2.7	34.0
18	Propeno	42.081	225.4	2.0	10.0
19	Buteno	56.108	63.05	1.6	9.3
20	Isobuteno	56.108	63.40	(1.6)	—
21	Acetileno	26.038	—	2.5	80.
22	Benceno	78.114	3.224	1.38	7.98
23	Tolueno	92.141	1.032	1.2g	7.1g
24	o-Xileno	106.168	0.264	1.1g	6.4g
25	m-Xileno	106.168	0.326	1.1g	6.4g
26	p-Xileno	106.168	0.342	1.1g	6.4g
27	Etileno	104.152	(0.24)	1.1	6.1
28	Metanol	30.062	4.63(22)	6.72(5)	36.50
29	Etanol	46.069	2.3(7)	3.28(5)	18.95
30	Amonaco	17.031	212.(7)	15.50(5)	27.00
31	Aire	28.964	—	—	—
32	Hidrógeno	2.016	—	4.00	74.20
33	Oxígeno	31.999	—	—	—
34	Nitrógeno	28.013	—	—	—
35	Helio	4.003	—	—	—

E.N.E.P. "ZARAGOZA"

U N A M

LIMITE DE FLAMABILIDAD

TA-  
BLA  
2.1

TESIS PROFESIONAL

La variación en los límites flamables puede ser considerable a presiones o temperaturas arriba o abajo de la normal. El efecto general de aumento de temperatura o presión es bajar el límite inferior y elevar el límite superior, una disminución de la temperatura o presión tiene un efecto contrario.

#### 2.1.4 RANGO EXPLOSIVO

El rango de una mezcla vapor o gas-aire comprendido entre los límites flamables superior e inferior, es conocido como rango explosivo.

Por ejemplo, el límite de flamabilidad inferior del acrilonitrilo a temperatura ambiente ordinaria es aproximadamente 3% vapor en el aire en volumen, mientras que el límite superior es cerca del 17%.

Por lo tanto las concentraciones de volumen de vapor acrilonitrilo en aire caerán entre 3% y 17% lo que implicará que cualquier composición entre estos límites estará en el rango explosivo.

#### 2.1.5 GRAVEDAD ESPECIFICA

La gravedad específica de una sustancia es la relación del peso de la sustancia al peso del mismo volumen de otra. La sustancia de referencia para los líquidos es el agua mientras que para los gases es el aire.

En los líquidos se tiene que su volumen es afectado únicamente por la temperatura, mientras que en los gases éste es afectado tanto por la temperatura como por la presión. Por lo que es necesario hacer correcciones por efecto de temperatura y presión para hacer aproximaciones en la determinación de la gravedad específica.

#### 2.1.6 SOLUBILIDAD EN AGUA

La información sobre el grado al cual un líquido flamable es soluble en agua es útil en el empleo de agentes y métodos extintores. Los líquidos solubles pueden ser apagados por dilución, aunque estos métodos no son comunmente usados.

### 2.1.7 DENSIDAD DE VAPOR

La densidad de vapor es el peso de un volumen de un vapor o gas puro (sin aire presente) comparado al peso de un volumen igual de aire seco, a la misma temperatura y presión. Esta es calculada como la relación del peso molecular promedio del aire y la del fluido.

Cuando una densidad de vapor es menor que la unidad indica que el vapor es más ligero que el aire y tenderá a aumentar en una atmósfera relativamente donde las condiciones del sistema no varíen apreciablemente, con una densidad de vapor mayor que la unidad indica que el vapor es más pesado que el aire por lo que éste viajará a niveles de velocidad muy bajos a una fuente de ignición.

### 2.1.8 PRESION DE VAPOR

#### 2.1.8.1 PRESION DE VAPOR DE UN LIQUIDO

La presión de vapor de un líquido es una medida de la fuerza que tiende a vaporizar cualquier líquido volátil, tal como el petróleo y sus derivados. El movimiento molecular del líquido es el que provoca esta fuerza y está relacionada con la composición del líquido. Las moléculas más pequeñas son más activas; por lo que la presión de vapor aumentará en la proporción de que éstas se incrementen.

Con temperaturas altas se estimulará el movimiento molecular y por lo tanto una presión de vapor será también alta. En las operaciones donde se presentan las pérdidas por evaporación el líquido está en contacto con un espacio de vapor, en el cual las moléculas que vaporizan tienden a dispersarse en una forma gradual a través de éste al mismo tiempo, algunas en el espacio regresan al líquido.

El equilibrio es establecido cuando las moléculas salen y regresan del líquido a la misma velocidad para cualquier presión de almacenamiento dada, el porcentaje de vapor en el equilibrio en el espacio es directamente proporcional a la presión de vapor del líquido.

### 2.1.8.2 PRESION DE VAPOR VERDADERA DE UN LIQUIDO

La presión de vapor real o verdadera es la presión de vapor de un líquido a una temperatura especificada sin que su composición sea cambiada por vaporización lo cual ocurre en la mayoría de los procedimientos usados para determinar la presión de vapor.

La vaporización de una mezcla de hidrocarburos disminuye la presión de vapor porque los componentes ligeros vaporizan más rápidamente, en cambio para un componente puro la vaporización del líquido no cambiará la presión de vapor, y la presión de vapor verdadera casi será igual a la presión de vapor Reid.

La presión de vapor verdadera puede ser estimada de correlaciones relacionando las características de ebullición y la presión de vapor Reid.

Cuando se presentan pérdidas por evaporación esta presión de vapor a temperaturas de almacenamiento afecta directamente la rapidez de pérdidas por evaporación, por lo que incrementada esta presión; provocará un aumento en la rapidez de evaporación dentro del tanque así como una saturación en el espacio de vapor.

### 2.1.8.3 PRESION DE VAPOR REID

La presión de vapor Reid es la presión absoluta en  $\text{lb/in}^2$  determinada a  $100^\circ\text{F}$  y a  $V/L = 4$  (relación de volumen de vapor a volumen de líquido). Comúnmente la presión de vapor Reid es usada para caracterizar la volatilidad de gasolinas, aceites y aceites crudos.

### 2.1.8.4 PRESION PARCIAL DE VAPOR

La presión parcial de vapores hidrocarburos en un espacio de vapor es una medida de la fuerza ejercida por las moléculas del hidrocarburo en la pared limitante de donde están contenidas. Las moléculas de aire representan problemas de pérdidas por evaporación, así que similarmente generan una presión parcial.

De aquí que, la suma de todas las presiones parciales será igual a la presión total del sistema. La presión parcial de cualquier componente es proporcional a su fracción volumétrica del espacio de vapor.

Un espacio de vapor normalmente está en contacto con el líquido el cual emite los vapores. Asimismo se va a establecer un equilibrio cuando la rapidez de vaporización y condensación sea igual.

#### 2.1.9 SATURACION DE UN ESPACIO DE VAPOR

El espacio de vapor en un tanque, con respecto a un componente dado, es llamado a ser saturado cuando el equilibrio existe entre este componente en las fases vapor y líquido bajo ciertas condiciones de temperatura y presión, y la composición del espacio de vapor va a ser uniforme en todas partes.

El grado de saturación es el porcentaje de saturación con respecto a un componente dado el cual se forma o predomina en cualquier momento bajo condiciones de equilibrio normal.

#### 2.1.10 DIFUSION EN UN ESPACIO DE VAPOR

La difusión es el movimiento molecular el cual tiende a distribuir uniformemente cualquier componente en todo el espacio de vapor.

La velocidad de difusión es mucho más alta para moléculas pequeñas en comparación con las grandes, las cuales pueden viajar mucho más rápido a través de dicho espacio.

Esta rapidez es proporcional a la distancia a la que la molécula viaja antes de que sea impedida por colisión con otra; por lo que el tiempo total para alcanzar el equilibrio depende del tamaño del espacio de vapor, la temperatura y la presión.

La difusión es un medio por el cual los hidrocarburos nuevamente vaporizados se distribuyen por sí mismos en todo el espacio de vapor para saturarlo y establecer un equilibrio.

Para componentes de gasolina a temperatura normal de almacenamiento, el proceso de difusión es relativamente bajo, el cual no influye mucho en las pérdidas por evaporación.



## 2.2 DEFINICIONES

### 2.2.1 TANQUE ATMOSFERICO

Se entiende como un tanque de almacenamiento el cual ha sido diseñado para operar a presiones de la atmosférica hasta 0.5 psig.

### 2.2.2 LIQUIDOS COMBUSTIBLES

Es cualquier líquido que tiene un punto flash superior a 140°F, y deberán ser conocidos como de clase III. Los de la clase IIIA deberán incluir estos teniendo punto flash a 140°F y abajo de 200°F.

Los de la clase IIIB incluyen estos teniendo puntos flash arriba de 200°F.

### 2.2.3 LIQUIDOS FLAMABLES

Es cualquier líquido que tiene punto flash abajo de 140°F teniendo una presión de vapor que no exceda 40 lb/in<sup>2</sup> absolutas a 100°F, estos líquidos se dividen así:

CLASE I .- Incluyen líquidos con puntos flash abajo de 100°F

CLASE IA .- Líquidos con punto flash abajo de 73°F y con punto de ebullición abajo de 100°F

CLASE IB .- Líquidos con punto flash abajo de 73°F con punto de ebullición arriba de 100°F

CLASE IC .- Líquidos con punto flash arriba de 73°F y abajo de 100°F

CLASE II .- Líquidos con punto flash a, ó arriba de 100°F y abajo de 140°F

### 2.2.4 PETROLEO CRUDO

Mezcla de hidrocarburos que tiene in un punto flash - abajo de 150°F y que no ha sido procesado en una Refinería.

C A P I T U L O    I I I

---

S I S T E M A S   D E   A L M A C E N A M I E N T O

D E   L I Q U I D O S

## SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS

---

En la mayoría de las industrias, particularmente la petrolera, se utilizan diversos tipos de tanques de almacenamiento, los cuales se seleccionan de acuerdo con las características de los productos que en ellos se guardan.

En esta parte se mencionan las características más relevantes de la mayoría de los tanques que se utilizan para el almacenamiento de dichos productos, además de su localización, operación y mantenimiento; Haciendo referencia a los diversos Códigos que rigen desde su diseño y especificación hasta su construcción y ensamblado.

### 3.1 DESCRIPCION DE TANQUES Y RECIPIENTES.

Los diferentes métodos de fabricación de tanques están adaptados para minimizar las pérdidas de vapor que se producen a través de evaporación y llenado, contribuyendo así a una máxima seguridad de operaciones. Existe una división en cuanto al tamaño para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento, establecida por la British Standard Specifications (BSS), la cual divide a tanques con capacidad nominal arriba de 12 000 galones y tanques con capacidad nominal por debajo de este valor.

#### 3.1.1 TANQUES CON CAPACIDAD NOMINAL ABAJO DE 12 000 GALONES.

##### a:) Tanques de Almacenamiento a Nivel del Piso:

La mayoría de los tanques en esta categoría están instalados en conexión con equipos de calentamiento como tanques pequeños, los cuales abastecen o suministran a instalaciones de combustible doméstico o tanques más grandes con aplicación industrial en combustibles de calentamiento para hornos, quemadores, etc.

Los requerimientos de estos tanques en almacenamiento de aceites combustibles, son especificados por la BSS-799, la cual lista los requerimientos para una variedad de tanques de diferentes tamaños y formas tales como:

- Cilíndricos (vertical y horizontal).

- Ovalados

- Rectangulares.

Además especifica los estándares de soldadura, remachado y construcción seccional en donde ésta es permisible.

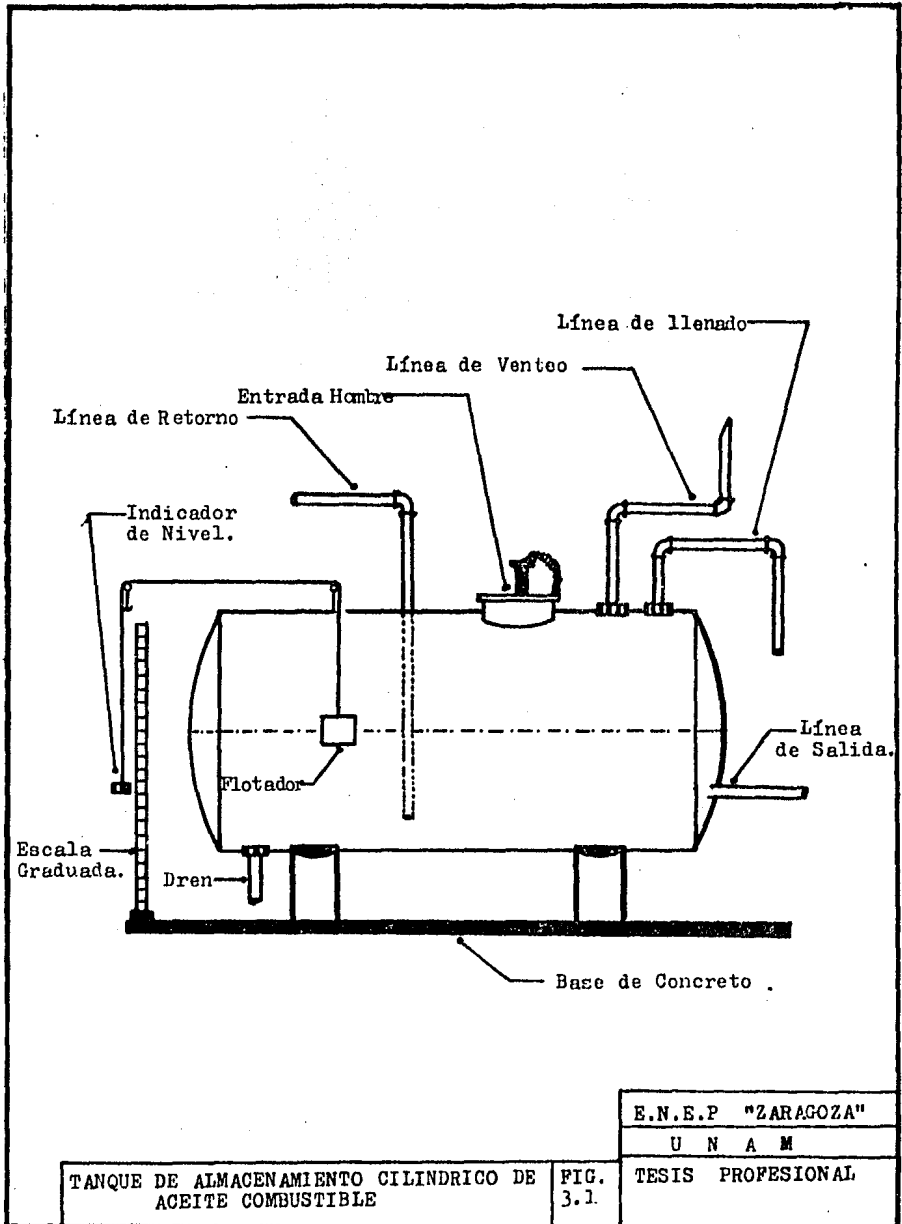
Las especificaciones aplican en el almacenamiento de ciertas clases de combustibles de carbón, alquitrán y aceites combustibles de petróleo. Los tanques pequeños de almacenamiento de aceites combustibles son diseñados para resistir una presión máxima, la cual puede ocurrir a partir de un sobrellenado después de lo permisible, en base a la altura y longitud del tubo de venteo. Un arreglo típico para tanques de este tipo se muestra en la Figura 3.1 y 3.2.

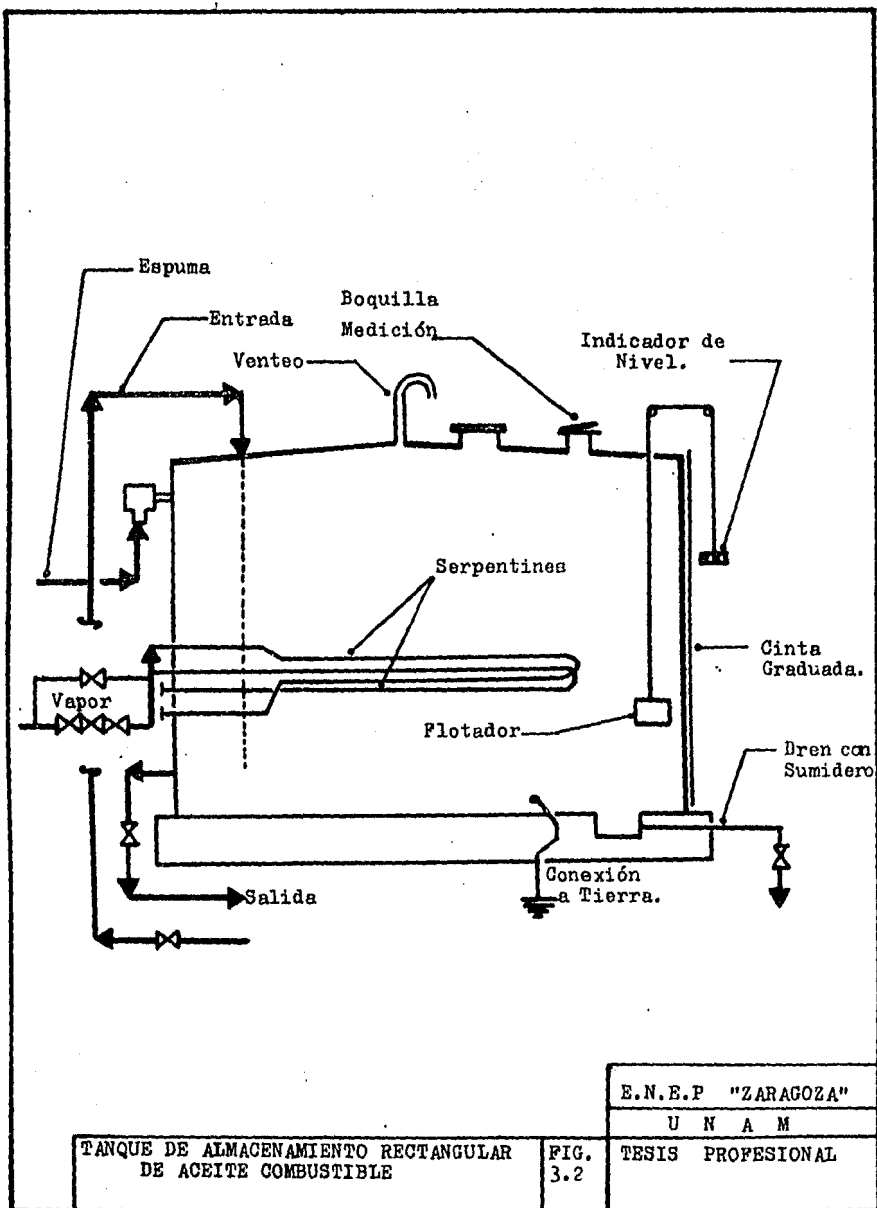
Los tanques cilíndricos horizontales de acero suave o blando, tienen más de 3 pies de diámetro y pueden ser fabricados por los requerimientos de la BSS-2594, la cual cubre un amplio rango de tamaños estándar, desde 3 pies de diámetro por 4 pies de largo, hasta 10 por 30, ya sea con terminales bridadas o sin ellas.

Los tanques estándar de 9 por 30 pies, tienen aproximadamente una capacidad de 12 000 galones y son usados frecuentemente como tanques de almacenamiento de producto, cargados en racks; Además como tanques de almacenamiento para la redistribución de productos de aceite, que van a pequeñas instalaciones y depósitos de mercado.

Los tanques que cumplen con los requerimientos de la BSS-2594, son recomendables para presiones internas de trabajo arriba de 5 psi, y a una máxima de vacío igual a 2.5 psi, pero las condiciones de operación normal están cercanas a la presión atmosférica.

Para el almacenamiento de ciertos líquidos de petróleo, tales como gasolina natural, gases licuados del petróleo, o donde un recipiente es usado en operaciones de proceso a presiones por encima de la presión atmosférica, el diseño del recipiente deberá ser conforme a los requerimientos de la BSS-1500, BSS-1515 o el Código ASME para Calentadores y Recipientes a Presión Sección VIII.





La capacidad de venteo para tanques que contienen aceites de calentamiento, puede ser determinada de acuerdo al conjunto de recomendaciones de la BSS-799, pero para tanques que contienen productos más volátiles (con puntos flash debajo de 100 °F), se emplean las del A P I RP 2000, tanto para los requerimientos de \_ venteo normal como para los de emergencia.

La capacidad de venteo normal es la suma de la capacidad de venteo requerida por entrada y salida de flujo y también por la sobrepresión o vacío por causas térmicas. El venteo de emergencia es necesario para proteger el tanque de una sobrepresión como resultado de un incremento de vaporización del líquido almacenado, debido a la exposición del tanque a condiciones de incendio.

Las fallas más sobresalientes han sido reportadas como un resultado de un choque directo de la flama en los tanques, debido a los vapores flamables que escapan del venteo de emergencia, los cuales tienen sus puntos de salida con inclinación hacia el cuerpo del tanque.

El Código de Líquidos Combustibles Flamables 1966 NFPA No. 30, aconseja que " a menos que el venteo esté diseñado al límite de una presión interna de 2.5 psi o menos, las salidas y los drenes de venteo deberán estar arreglados para descargar de tal forma como para prevenir un sobrecalentamiento de cualquier parte del tanque en el momento que los vapores de tales venteos sean encendidos."

b:) Tanques de Almacenamiento Enterrados:

Es una costumbre práctica guardar productos de petróleo en las etapas de llenado y similarmente en instalaciones privadas, en tanques enterrados o debajo del nivel del piso. Esto representa ventajas tales como permitir o dar libertad para el desplazamiento de vehículos, en donde el espacio disponible al sitio de llenado es muy limitado, por lo que la disposición de estos tanques en esta forma, representa una solución para problemas de espacio en cualquier instalación de almacenamiento.

La Figura 3.3., muestra un tanque de almacenamiento enterrado con sus partes más importantes. Para estos casos, los problemas que pueden presentarse con más frecuencia son los de contaminación. Con la detección de pequeñas trazas de líquido en cualquier parte de la superficie o en el agua, es suficiente para que ésta se califique como inadecuada para emplearse. Así que las autoridades correspondientes están concernidas con la posibilidad de contaminación del agua por productos del petróleo en las instalaciones de estos tanques.

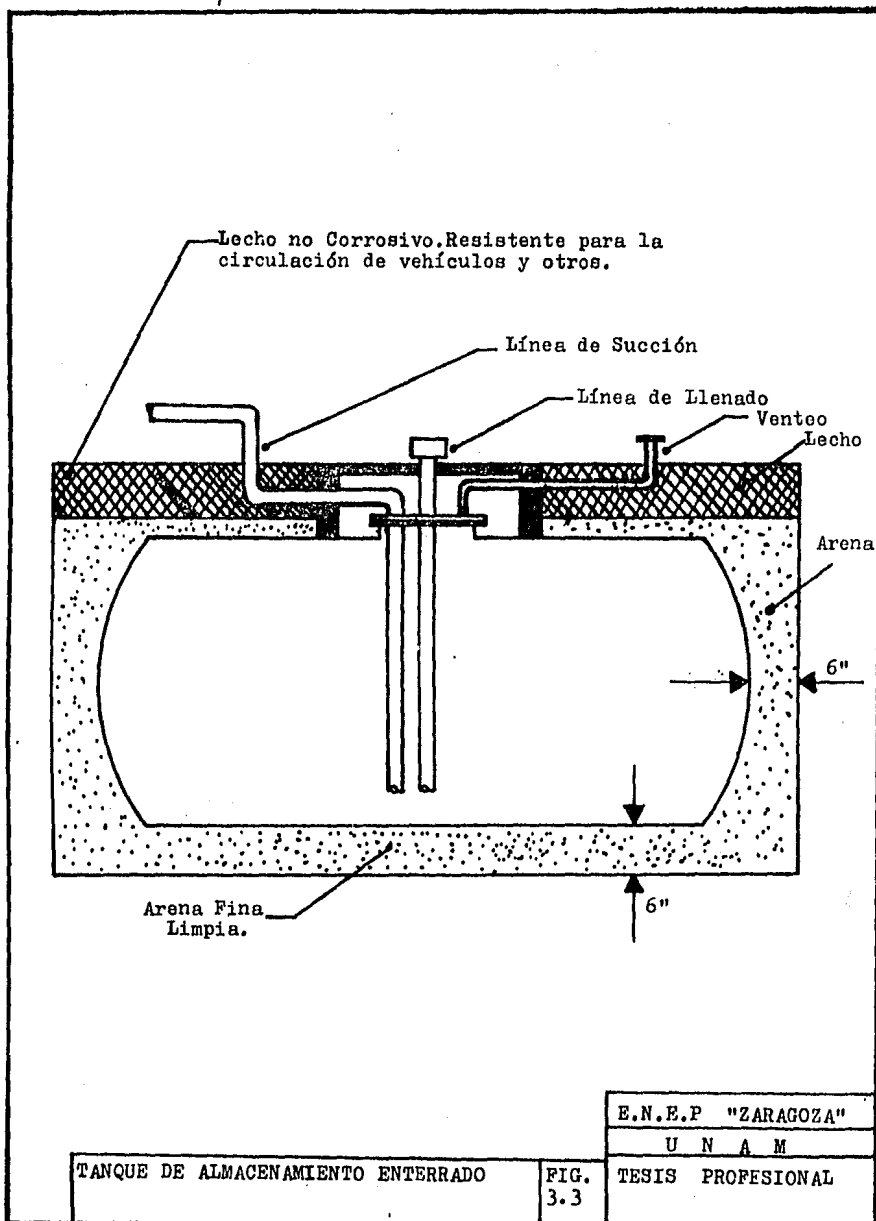
Debido a ello las compañías del petróleo han hecho estudios cuidadosos de la corrosión en tanques, así como de su prevención, con el objeto de proveer un alto grado de protección para estos sistemas, tratando de esta forma evitar una posible de contaminación. Estos estudios muestran que un alto grado de protección para las superficies externas de los tanques y líneas, es provista por recubrimientos de fibras sintéticas o de vidrio reforzado, y para los alrededores del tanque ya tratado con arenas selectas.

Se cree que la protección que proporciona es superior a la que se obtiene por una recubierta de fino concreto, ya que el concreto se expone al desarrollo de pequeñas ranuras o grietas a través de contracciones o hundimientos. Las cámaras de concreto y ladrillo también no son consideradas a ser completamente efectivas en la prevención de fugas.

De acuerdo a la localización geográfica será necesario realizar una protección estándar según la actividad corrosiva del suelo, y ésta podrá proveerse mediante una protección catódica en dichos tanques.

Antes de ser usados, los tanques deberán ser sometidos a pruebas de fuga, por medio de la aplicación de aire a presión de 10 psi, por un período de 24 horas, así como sus accesorios de trabajo tales como líneas que entren y salgan de él. Todas las juntas deberán ser chequeadas con agua jabonosa. Una prueba no estándar ha sido prescrita para tanques enterrados en uso, pero con el chequeo diario de la reserva es suficiente para detectar una fuga en etapas recientes.





Este tipo de chequeo consiste de una simple prueba de nivel, si las pérdidas son excedidas con respecto a las pérdidas por evaporación normal y de los errores de medición, el tanque y sus accesorios son sometidos a prueba por aplicación de un inerte ( $N_2$ ), a una presión de 10 psi por un período de 24 horas cuando el tanque se encuentre vacío. La determinación de la localización exacta de una fuga puede ser una tarea hasta cierto punto un tanto difícil, ya que la fuga puede estar en el mismo tanque o en sus líneas de trabajo.

### 3.1.2 TANQUES CON CAPACIDAD NOMINAL ARRIBA DE 12 000 GALONES

La mayoría de los tanques de almacenamiento en refinerías y en instalaciones grandes caen dentro de esta categoría. La forma usual de construcción es de forma vertical cilíndrica, de acero suave o blando, con extremos y límites de cuerpos soldados, pero pueden ser también de características poco comunes o especiales, en caso de que el trabajo de construcción con cierta experiencia no sea disponible.

Cualquiera que fuese el caso, una supervisión cuidadosa será necesaria para asegurar que las juntas estén bien hechas así como el material que se emplee para éstas sea resistente y adecuado para que no muestre condiciones de fragilidad.

En desarrollos recientes sobre métodos de ensamblado - ha sido reducido el tiempo de labor para el montaje de un tanque, de tal forma que es posible construir actualmente tanques seccionales en tamaños estándar arriba de 350 000 galones.

#### 3.1.2.1 TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESION CERCANA A LA ATMOSFERICA

La mayoría de los tanques de almacenamiento de petróleo son construidos de acero suave, de forma cilíndrica vertical. El diseño, fabricación, lugar de instalación o montaje, inspección y prueba están ampliamente especificados en la BBS-2654 Parte 1 y 2, además del A P I Standar-650. La BBS cita tanques tanques instalados al nivel del piso, con los siguientes diseños:

- Tanques de Techo Fijo "No a Presión":

Recomendables para trabajar a presión atmosférica, pero diseñados

para una presión interna de trabajo de 3 pulg.  $H_2O$ . Existe una gran gama de tamaños para este tipo de tanques.

- Tanques de Techo Fijo a Presión:

Los hay con tamaños arriba de 128 pies de diámetro, recomendables para presión interna de 8" y 2.5 " de  $H_2O$  de vacío.

El usuario puede requerir de una presión interna más alta de 8"  $H_2O$  para reducir a un mínimo la evaporación y las pérdidas por llenado de líquidos más volátiles. En una revisión reciente de la BBS-2654, los tanques a presión de techo fijo, que no exceden de 64 pies de diámetro, puen ser diseñados para una presión de trabajo de 21.5 pulg, con lo que el esfuerzo permisible dado en el estándar no es excedido.

Debe hacerse notar que aunque los tanques es esta categoría están diseñados a presión, la presión de trabajo es próxima a la atmosférica, y no son comparadas con las presiones de trabajo internas permisibles de los tanques diseñados por los requerimientos del A P I 620. La Tabla 3.1, muestra los tipos recomendados de tanques de almacenamiento para una variedad de productos del petróleo.

### 3.1.2.2 FORMAS DE CONSTRUCCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los techos fijos pueden ser ya sea cónicos o de domo formado, soportado o sin resorte (donde el techo es soportado por columnas, sólo en la periferia del tanque). Un techo soportado por columnas o colgante no es recomendado para tanques a presión o donde cualquier grado de hundimiento sea factible, esto podría causar que el techo soporte las columnas, en lugar de que las columnas soporten el techo.

La construcción usual del techo es por medio de faldones soldados de láminas de acero suave de 3/16" de espesor mínimo, pero algunas veces las láminas de los techos son soldados en extremos, donde el armazón está sobre el exterior de las láminas. El cuerpo del tanque está normalmente construido de láminas de acero suave, ya que la carga interna sobre el cuerpo del tanque es más grande en la parte inferior, el espesor de la lámina del cuerpo aumenta de arriba hacia abajo.

LIQUIDOTIPO DE TANQUE

## Clase "A"

Gasolinas de Aviación  
Pto. Flash abajo de 73 °F

- a) Techo Flotante.
- b) Techo Fijo "No a Presión" con cubierta interna flotante.
- c) Techo Fijo a Presión.

## Clase "B"

Kerosinas  
Pto. Flash 73-150 °F

- a) Techo Flotante.
- b) Techo Fijo "No a Presión" con cubierta interna flotante.
- c) Techo Fijo con venteos atmosféricos.

## Clase "C"

Diesel, Gasóleos, Lubricantes y Aceites Combustibles.  
Pto. Flash arriba de 150 °F

Techo Fijo "No a Presión" con venteos atmosféricos.  
Los aceites pesados son aislados y calentados.

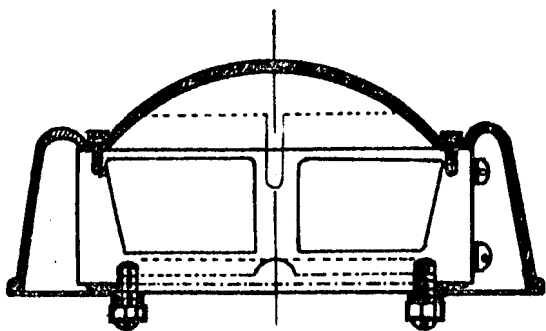
E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

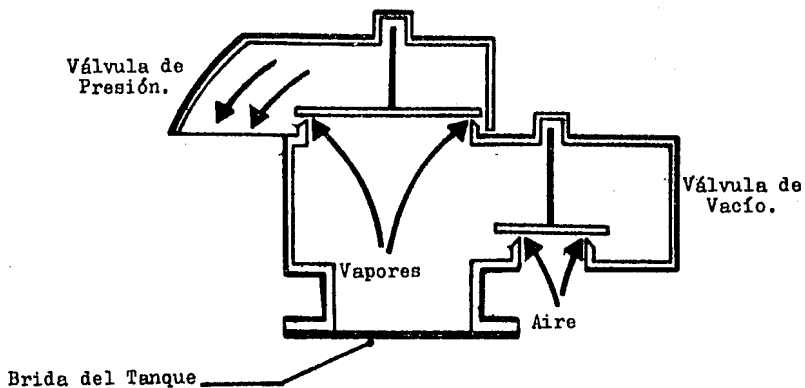
TIPOS RECOMENDADOS DE TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO

TABLA.  
3.1

TESIS PROFESIONAL



( a ): Venteo atmosférico de un tanque no a presión.



( b ): Venteo atmosférico de un tanque de techo fijo a presión.

		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
TIPOS DE VENTEOS ATMOSFERICOS DE FLUJO LIBRE	FIG. 3.4	TESIS PROFESIONAL

El espesor mínimo para el cuerpo de tanques de 40 pies o menos de diámetro es de  $3/16$ " y para mayores de 40 pies de diámetro es de  $1/4$ ", siendo el espesor máximo de 1.5 pulg.

La posibilidad de una fractura en el cuerpo se presenta cuando la temperatura del acero disminuye y el espesor de la lámina se incrementa, por lo tanto en climas calientes el espesor de la lámina será arriba de  $3/4$ " y en climas fríos será arriba de  $1/2$ ".

El área principal en el fondo del tanque está hecha -- por faldones rectangulares (hojas con mínimo espesor de  $1/4$ "). Las láminas de diseño, las cuales forman el perímetro del fondo del tanque, son también soldadas. Para tanques mayores de 40 pies de diámetro, un anillo anular de láminas segmentadas debajo de la lámina del cuerpo, está a menudo estipulado en las especificaciones de la BSS? pero no en el A P I 650.

### 3.1.2.3 TANQUES DE TECHO FIJO

Las formas principales de construcción de tanques de techo fijo a presión y, a no presión son similares, pero para presiones internas levemente más altas, los techos a presión están generalmente limitados a diámetro de tanque arriba de 128 pies, y con ángulo de curvatura en la parte superior del cuerpo, los cuales están soldados en la periferia del cuerpo.

El venteo normal en tanques de techo fijo no a presión toman la forma de abiertos ó venteos atmosféricos de flujo libre, tal como se muestra en la Figura 3.4a., los cuales permiten la salida de flujo de vapores sin obstáculos, y la entrada de aire al mismo tiempo, además de prevenir la entrada de polvos y lluvia -- dentro del tanque.

Los tanques de techo fijo a presión, están provistos con venteos, como el mostrado en la Figura 3.4b., los cuales tienen dos funciones importantes:

- a.) Minimizar las pérdidas de vapores de líquidos volátiles, que podría presentarse en venteos libres.
- b.) Proteger al tanque de una presión excesiva o vacío.

La influencia de un venteo sobre la composición del vapor, en el espacio de vapor de un tanque almacenando líquidos volátiles, se ha visto que debe proveerse de seguridad para mantener una atmósfera fuera de los rangos de explosividad en dicho espacio.

Los tanques de almacenamiento verticales de techos fijos, se emplean principalmente para almacenar productos de petróleo que se mantienen en estado líquido en condiciones ambientales (presión atmosférica y temperatura de 30 °C), y para el almacenamiento de productos viscosos (combustóleo, residuos, gasóleos, aceites recuperados y demás), llevan como equipo adicional serpentines para vapor en el interior del tanque (haces de tubos aletados), para mantener caliente el producto más o menos entre 80 y 90 °C.

La Figura 3.5., muestra las partes principales de un tanque de techo fijo, siendo la finalidad de las mismas las que a continuación se dan:

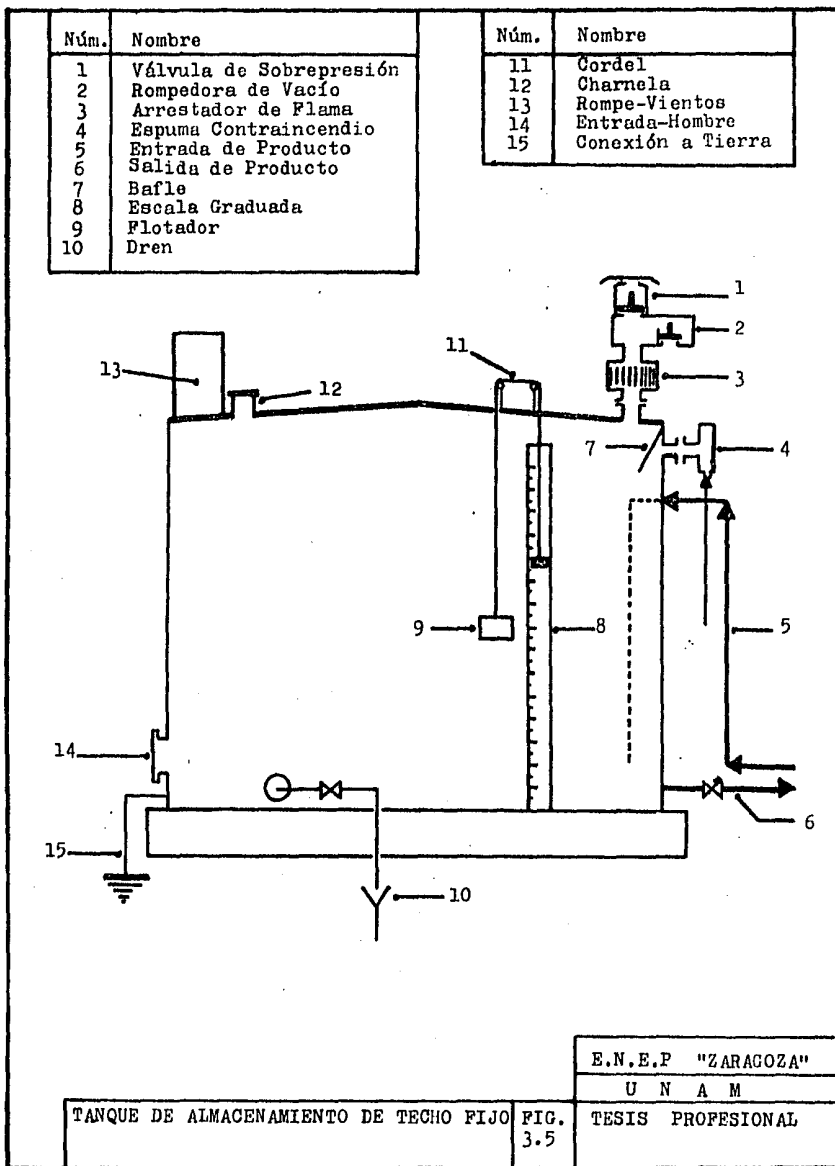
#### 1.) Conexión a Tierra:

Su finalidad es evitar acumulamiento de cargas estáticas, que pueden producir una chispa, la cual en contacto con vapores de hidrocarburos pueden producir un incendio. Estas cargas estáticas se originan por rozamiento de los líquidos con las paredes del tanque y las tuberías metálicas.

#### 2.) Válvulas con Arrestadores de Flama:

Como se puede observar, estas válvulas consisten de un disco sobrepuesto en una base circular. Operando de la forma siguiente: Al existir una presión superior a  $2 \text{ g/cm}^2$  se levanta el disco, desfogando los vapores a la atmósfera, y en caso contrario, si se llega a producir un vacío de  $-2 \text{ g/cm}^2$ , se levanta el disco de la válvula rompedora de vacío, permitiendo la entrada de aire, su finalidad es proteger al tanque, evitando deformaciones en el mismo como resultado del vacío producido.

Colocado entre las válvulas, se encuentra el arrestador de flama, el cual es una especie de filtro, formado por una serie de laminillas acomodadas en círculo o transversalmente, las cuales evitan que al producirse una flama en el exterior del tanque penetre al mismo. Por esto es importante que al tomar mediciones del nivel



E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FIJO

FIG.  
3.5

TESIS PROFESIONAL



del tanque con cinta métrica, se deje la boquilla de medición perfectamente cerrada.

#### 3.1.2.4 TANQUES DE TECHO FLOTANTE.

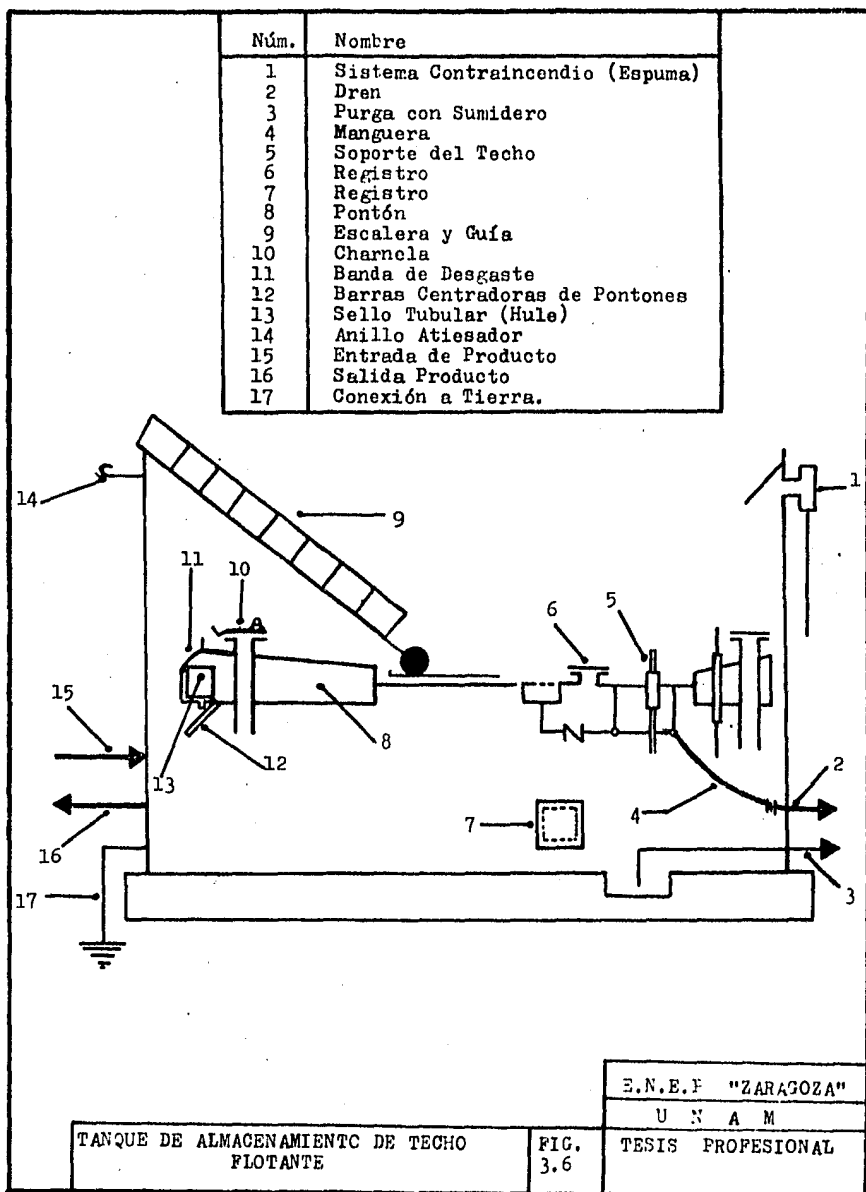
Es quizá el prototipo ideal de tanque de almacenamiento, debido a que impide casi por completo la formación de vapor y minimiza los espacios de vapor, por lo que frecuentemente son consideradas para construcciones futuras. La Figura 3.6 muestra sus características y accesorios principales.

Los tipos de tanques discutidos anteriormente, tienen por objetivo situar la importancia que con frecuencia es ignorada en el diseño y construcción, así como en la operación de estos equipos, pues no se debe olvidar que los sistemas de almacenamiento constituyen uno de los servicios primarios en toda planta de proceso.

Los tanques de techo flotante son empleados para almacenar productos de petróleo que se mantienen líquidos a condiciones ambientales, pero que tienen presiones de vapor altas (aproximadamente 9 psi). El hecho de que sean de techo flotante, significa que el techo va a sostenerse sobre el nivel del líquido en el interior, evitando el desprendimiento de vapores en exceso, debido al porcentaje de ligeros que contiene.

En la figura que representa al tanque de techo flotante se puede observar una manguera que va del techo a la parte inferior exterior del tanque, en donde se tiene una válvula check, la cual se utiliza para drenar el agua que se acumula encima del techo, por efecto de la lluvia. Estos tanques son empleados para almacenar gasolinas primarias, finales y especiales, como son las de alto octano (reformada y catalítica), así como crudo.

Los tanques de techo flotante han servido para cubrir la necesidad de dar un almacenaje económico, con alto grado de seguridad. Sus dimensiones están en el rango de 250 pies y más de diámetro, por 72 pies de altura, con capacidad de carga muy grandes (hasta de 500 000 Bls).



Como ya se había mencionado, el techo flota sobre el nivel del líquido, además de subir o bajar dependiendo del flujo de líquido que entre o salga del tanque. Una característica significativa del diseño del tanque, es el sello que se proporciona a los vapores entre la periferia del techo flotante y el cuerpo del tanque.

Otra ventaja que presenta este tipo de tanque, es un aumento de seguridad operacional, por la ausencia de un espacio de vapor por encima del líquido, y la inmediata disipación por el techo de cualquier carga eléctrica. Estas consideraciones no aplican cuando el techo descansa sobre sus soportes, esto es, cuando el tanque está vacío o casi vacío. En estas condiciones el tanque se considera desde el punto de vista operacional como un tanque de techo fijo. Los tanques de techo flotante no son recomendados para el almacenamiento de líquidos, cuya presión de vapor exceda la presión atmosférica a la temperatura de almacenamiento.

### 3.1.2.5 TANQUE DE TECHO FIJO CON CUBIERTA INTERNA FLOTANTE.

Una membrana flotante de plástico sobre el líquido, en el interior de un tanque de techo fijo fué concebida como un mecanismo para la reducción de pérdidas por evaporación, cuya característica los hace comparables a los tanques de techo flotante.

Las primeras membranas fueron construidas de hojas flexibles de cloruro de polivinilo (PVC), soportadas en los interiores por flotadores también de PVC asegurando así la membrana. Para unirla se emplea una malla de acero inoxidable, conectada por un cable flexible al cuerpo del tanque. La membrana cubre toda la superficie del líquido, excepto un pequeño espacio anular entre la periferia de la membrana y el cuerpo del tanque, para permitir la instalación de un sello para el vapor, consistente de un borde u orilla flexible en forma de "Z" elevadiza.

La mayoría de las membranas de PVC están todavía en uso, pero el diseño se ha ido desarrollando y mejorando para superar algunos de los problemas debidos a la naturaleza de los líquidos almacenados. Por ello los materiales que se usan para las membranas, deben tener una resistencia al ataque por hidrocarburos aromáticos. Entre estos materiales, aparte del PVC, se encuentran las espumas rí-

gidas de poli-isocianato, las cuales flotan por si mismas y en -- virtud de su estructura se han ido desarrollando en poco tiempo. Uno de los problemas principales que se presentan con las cubiertas plásticas es la aerostación y la característica de plegarse -- cuando vapor y aire entran al tanque durante la operación de llenado. Pero esto ha sido reducido mediante el empleo de un tubo -- perforado en la línea de llenado( para dispersar los esurrimien-- tos de vapor y aire), así como de válvulas de expulsión en las -- membranas.

El propósito primario al usar una cubierta flotante es reducir las pérdidas por evaporación, así como:

- a) Favorecer la facilidad de limpieza
- b) Reducir la corrosión interna
- c) Permitir el almacenamiento de productos altamente volátiles

Actualmente en el diseño de tanques se hace la combinación de las ventajas de un tanque de techo fijo y uno de te-- cho flotante, mostrado en la Figura 3.7. En ella se muestra una -- cubierta flotante de acero, la cual es protegida por un cono que -- dispone de aleros de ventilación, para permitir el venteo de pe-- queñas cantidades de vapor que escapan del sello en la cubierta -- flotante. Este tipo de tanque es particularmente recomendable pa-- ra el almacenamiento de gasolinas.

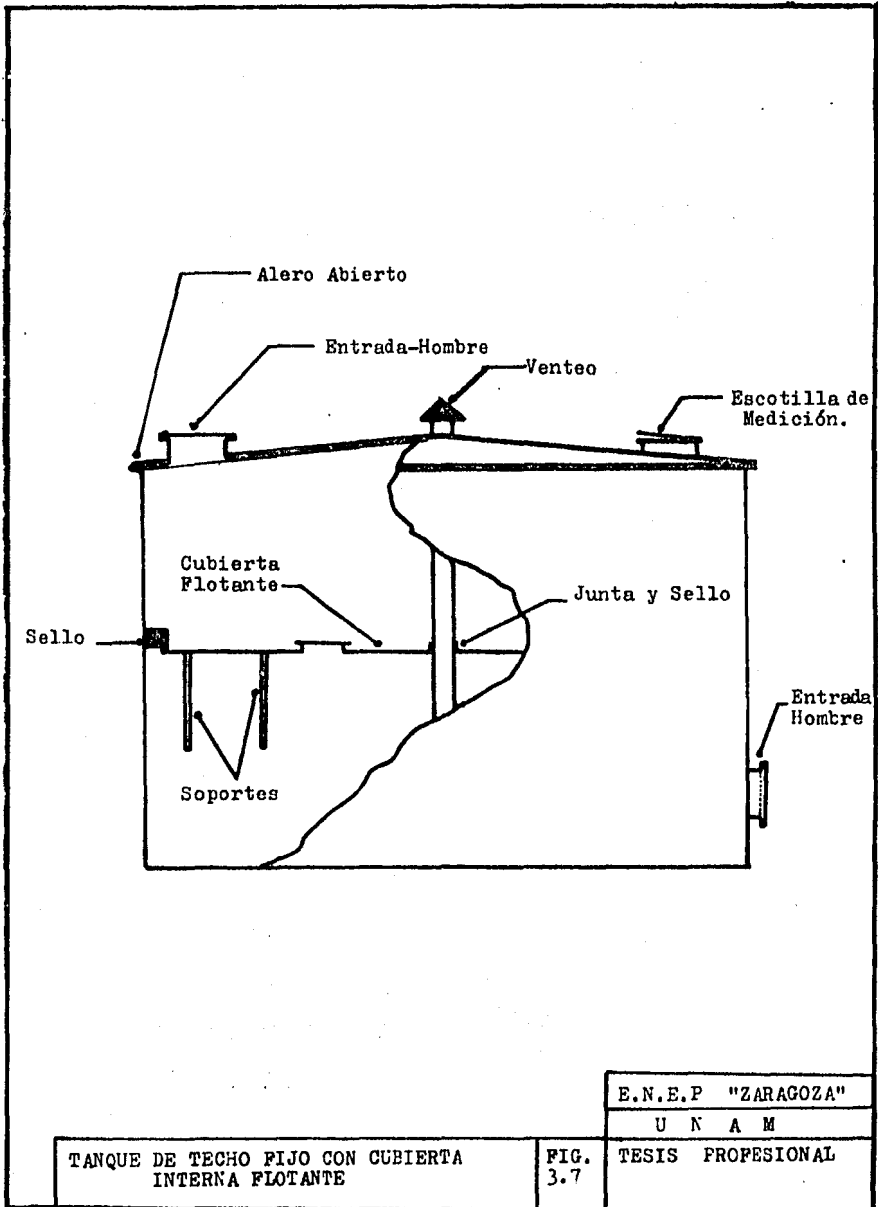
### 3.1.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON RANGO DE PRESION DE 0.5 - 15 PSI

En los tanques que operan alrededor de la presión -- atmosférica, un líquido muy volátil puede ebullicir cuando su pre-- sión de vapor iguale o exceda a la presión atmosférica. Se puede decir, que la gasolina natural es un ejemplo típico de -- tales líquidos, ya que tiene una PVR ( Presión de vapor Reid) en -- un rango de 14 a 26 lb/in<sup>2</sup>, y si se almacena en un tanque el cual opera a presión atmosférica, podría vaporizar rápidamente a tempe -- raturas por debajo de 100°F.

Por lo tanto, si tales líquidos son almacenados en un -- tanque cuya presión de trabajo esté en el rango de 0.5 - 15 psi, se podría presentar una sobrepresión generada debido a los vapo-- res desprendidos, implicando el surgimiento de algún accidente -- con graves consecuencias.

Por ello es que se debe tomar en consideración las característi-- cas del tanque en cuanto a su presión de operación, así como la - presión de vapor del líquido a almacenar.

La vaporización excesiva de gasolinas y líquidos simila-- res, puede ser prevenida por incrementos de la presión en el espa-- cio de vapor encima del líquido, de tal manera que la presión en\_ el espacio sea más grande, que la presión de vapor del líquido. Con éste antecedente se tiene que, los tanques recomendados para\_ el almacenamiento de líquidos, cuya presión de vapor no exceda la presión atmosférica, en el rango de 0.5 a 15 psi, deberán ser di-- señados y construidos de acuerdo al A P I - 620.



TANQUE DE TECHO FIJO CON CUBIERTA INTERNA FLOTANTE

FIG. 3.7

E.N.E.P "ZARAGOZA"
U N A M
TESIS PROFESIONAL

### 3.1.4 METODOS SEGUROS DE ALMACENAMIENTO.

Debido a la gran importancia que representa el contar con sistemas de almacenamiento que proporcionen facilidad de operación, así como amplios márgenes de seguridad, se han venido desarrollando investigaciones que tienen por objeto mostrar formas más eficientes de almacenamiento de líquidos inflamables.

La mayoría de estos métodos han sido aplicados en la industria del petróleo y de ahí a un gran número de industrias de proceso diversas. Tales métodos de almacenamiento tienen como característica el controlar la cantidad de vapores producidos, evitando con ello la posible formación de una mezcla explosiva, que en presencia de una fuente de calor o fuego, pueden provocar un accidente de grandes proporciones, con la consecuente pérdida de personal e instalaciones.

La conservación ó control de vapores formados, es particularmente importante cuando se ven involucrados productos valiosos, y sobre todo cuando la formación de éstos representa un peligro latente para el sistema de proceso en general. Por ello los métodos que se verán posteriormente incluyen entre otras cosas:

- 1:) El uso de un gas inerte en lugar de aire en el espacio de vapor de tanques de techo cónico, en combinación con un medio aislante (agua atomizada), que proporcione un medio para minimizar los efectos de la variación de la temperatura atmosférica, manteniendo de esta forma constante la temperatura de la fase vapor, lo que permitirá un incremento en la conservación del vapor.
- 2:) Un espacio de vapor variable en el tanque que cuente con una adecuada protección de gas inerte.
- 3:) El uso de tanques de baja presión (2.5 psi de presión de trabajo máxima permisible), equipados también con protección de gas inerte.
- 4:) El empleo de tanques con cubiertas internas flotantes, que impidan la generación de vapores.
- 5:) El empleo de tanques de techo flotante, lo cual elimina grandes espacios de vapor, proporcionando a la vez una efectiva conservación de vapores y máxima seguridad contra fuego.

Para la comparación en cuanto seguridad contra incendio de los diferentes tipos de tanques de almacenamiento, se toman en consideración varios factores básicos, que son mostrados en la Tabla 3.2 . Cabe hacer notar que para la comparación de dichos tanques, en la tabla se consideran tipos de tanques que no se mencionaron en los puntos anteriores, empero después se citará una pequeña descripción de los mismos.

Los factores son completamente arbitrarios, pero representan un medio para evaluar los diferentes tipos de tanques. Dicha evaluación está en términos de un "tanque ideal", el cual recibe una calificación de 20 puntos para los factores básicos, y de 100 para el rango de seguridad.

**TANQUE IDEAL:** Un tanque ideal será aquél que tenga una presión diseñada para eliminar todo venteo, por lo que su contenido estará protegido a la exposición de fuego.

**TANQUE DE TECHO FIJO SIN PROTECCION:** Un ejemplo de tanque de techo fijo se muestra en la Figura 3.8a.; Tal como se puede observar, el tanque no cuenta con sistemas adecuados de venteo, arrestador de flama, ni espacio adecuado de vapor, siendo por ello el tipo de tanque que más riesgos ofrece. Mientras que en la Figura 3.8b., se muestra un tanque de techo fijo estándar, en el cual se puede observar los dispositivos elementales que le brindan protección.

**TANQUE CON ESPACIO DE VAPOR VARIABLE:** El tanque con espacio de vapor variable y protección de gas inerte, Figura 3.9a., es considerado como el mas susceptible a ser dañado por exposición a fuego, pero menos dependiente en cuanto a sus accesorios mecánicos que el tanque de techo fijo.

**TANQUE A BAJA PRESION:** Los tanques a baja presión equipados con protección de gas inerte, son menos susceptibles a daños por exposición a fuego que los tanques con cubierta interna flotante, pero son más dependientes de sus accesorios mecánicos. A este tipo de tanques pertenecen los tanques esferoides nodados, como el mostrado en la Figura 3.9b .



TIPO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	( A )	( B )	( C )	( D )	( E )	( F )
Ideal	20	20	20	20	20	100
Techo Fijo sin Protección.	0	0	0	0	20	20
Techo Fijo Estándar.	5	5	5	5	15	35
Espacio Variable.	20	10	10	10	10	60
Baja Presión.	20	15	15	10	10	70
Cubierta Int. Flotante.	15	20	10	10	20	75
Techo Flotante.	20	15	20	20	10	85

- ( A ) : Suceptibilidad a Explosión.  
 ( B ) : Suceptibilidad a Fuego por Venteo.  
 ( C ) : Suceptibilidad a Daños por Fuego.  
 ( D ) : Eficiencia para Combatir el Fuego.  
 ( E ) : Dependencia de Accesorios Mecánicos.  
 ( F ) : Rango de Seguridad Contra Fuego.

E.N.E.P "ZARAGOZA"

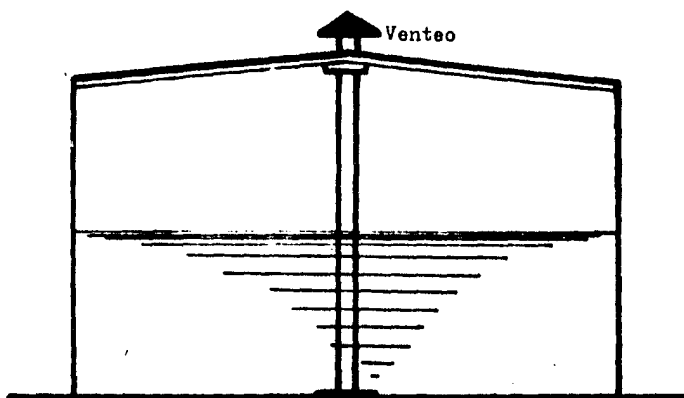
U N A M

COMPARACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

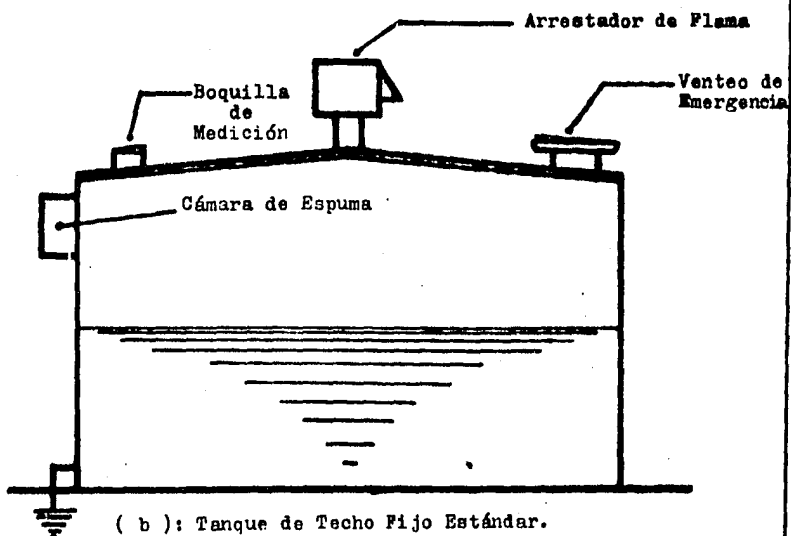
TABLA

TESIS PROFESIONAL

3.2

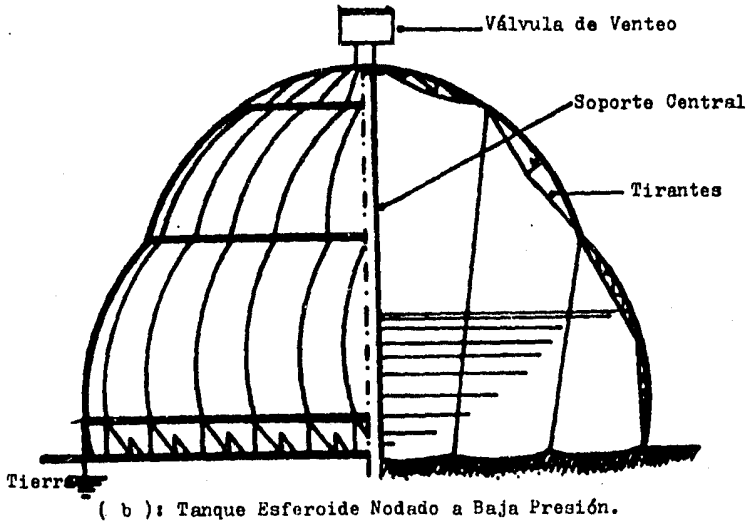
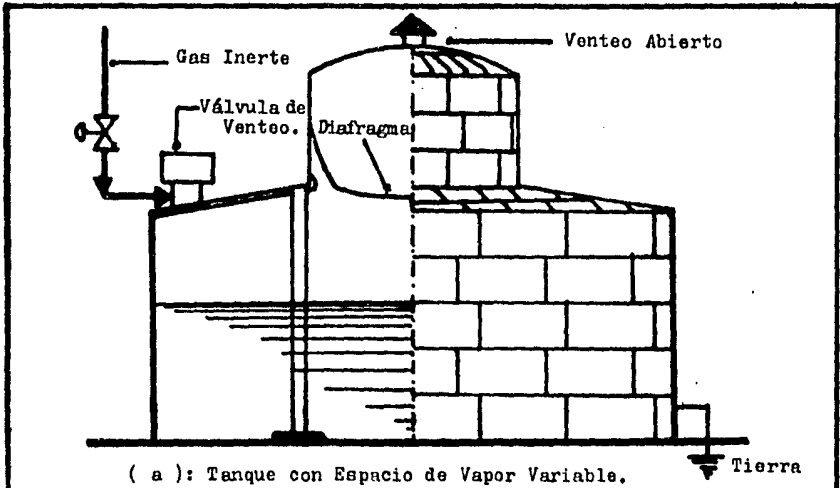


( a ): Tanque de Techo Fijo sin Protección.



( b ): Tanque de Techo Fijo Estándar.

		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FIJO	FIG. 3.8	TESIS PROFESIONAL



		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A BAJA PRESION	FIG. 3.9	TESIS PROFESIONAL

### 3.2 LOCALIZACION DE TANQUES.

La localización de tanques es un aspecto de importancia en el diseño de una refinería, y para ello se deben tomar en cuenta factores tales como:

- a.) Condiciones de Operación.
- b.) Clase de líquido que se va a almacenar.
- c.) Topografía y naturaleza de las estructuras cercanas

Las condiciones de operación determinarán la localización general de los tanques, en relación con el equipo de proceso, facilidades de embarque, etc. La localización de los tanques de elaboración debe ser considerada conjuntamente, formando parte de las unidades a las cuales vayan a servir.

En los patios de tanques las características del líquido que el tanque va a recibir, ejerce gran importancia respecto a la localización del mismo. Por decir algo, los aceites de bajo punto de inflamación, se incendian fácilmente debido a la presencia frecuente de gases, y en su localización deben eliminarse las partes bajas o bolsas, donde se puedan acumular los gases.

Los aceites crudos están expuestos a derrames por ebullición en un incendio, y por lo tanto cada tanque debe ser protegido por diques o por la topografía natural, para evitar que tales derrames se comuniquen de un tanque a otro. Los productos con bajo punto de inflamación no están de ordinario sujetos a derrames por ebullición y por lo tanto sólo es necesario considerar la posibilidad de un incendio por la propagación de las flamas. Esto permite que el espaciamiento y agrupamiento de los tanques sea más reducido, mientras que los productos con puntos de inflamación altos, tales como gasóleos, lubricantes, parafinas o asfaltos, difícilmente se incendian. Desde este punto de vista su espaciamiento puede ser más reducido y por lo general no requiere mucha atención por lo que respecta a derrames por ebullición, como sucede con los tanques para almacenamiento de crudo.

Por medio de un estudio cuidadoso de la topografía del terreno, generalmente se llegan a descubrir medios para utilizar el declive natural del suelo para evitar que los incendios se propaguen.

En terreno plano la protección contra el avance del \_\_  
fuego, depende del espaciamiento de los tanques, drenaje y muros de \_\_  
protección adecuados. Donde el terreno es accidentado, es decir, don-  
de haya lomas o colinas, los canales de desviación y represas frecuen-  
tamente son más seguros y más económicos que los muros de protección.  
Si se pretende localizar los tanques en tales terrenos, el espaciamien-  
to no es de gran importancia, puesto que el tanque que quede en una \_\_  
parte más elevada, podrá en peligro el de más abajo, aún cuando entre  
ambos haya un espacio exageradamente grande. Por consiguiente, en ta-  
les casos deberán tomarse medidas necesarias para que el sistema de \_\_  
drenaje venga de los tanques más altos y pase entre o cerca de los \_\_  
tanques construidos en las partes bajas del terreno.

Debe tomarse en cuenta también el peligro a que queden  
expuestas las propiedades adyacentes o el peligro que estas signifi--  
quen. Por regla general es conveniente localizar los tanques a una \_\_  
distancia razonable de los límites del terreno.

El tanque de acero con techo a prueba de gases es el \_\_  
que generalmente se está utilizando, y ahora es el único tipo que se\_  
recomienda. El uso de estos tanques permite un espaciamiento más es--  
trecho, sin constituir una seria amenaza de incendio.

Los tanques más chicos de elaboración, pueden con segu-  
ridad razonable estar espaciados en grupos con suficiente espacio en-  
tre unos y otros, para permitir la instalación de tuberías. Mientras\_  
que los tanques más grandes, deben estar suficientemente separados pa-  
ra permitir el libre manejo del equipo contra incendio.

### 3.3 DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

El tratado sobre diseño de tanques de almacenamiento \_ aparece en los Textos 12-A y 12-B del A P I, titulado " Especificaciones para Tanques Estándar con Cuerpos Remachados " y " Especificaciones para Tanques de Almacenamiento Soldados ".

Desde el punto de vista de prevención de incendios, en los procedimientos modernos, tienen aceptación general los tanques \_ construidos enteramente de acero con cúpulas ó techos a prueba de gases (techos flotantes), en preferencia a otros tipos de cúpulas.

Es un factor de importancia la ventilación adecuada de los tanques. El uso de válvulas de seguridad proporciona una protección excelente contra incendio y son altamente benéficas en la conservación de los vapores. Todo el material para techos de tanques debe ser objeto de cuidadosa consideración por lo que respecta a la prueba de gases. Las boquillas de medición de los tanques deben ser de cierre automático y provistas de asientos o discos inoxidables.

El uso de boquillas de cierre hermético y automático \_ esta rápidamente ganando preferencia, ya que simplifican la operación y reducen el riesgo de incendios y accidentes.

Los sistemas de recuperación de gases a través de los \_ cuales los gases pasan de los tanques hacia la planta de recuperación, pueden ser económicamente provechosos y constituyen un factor más de \_ seguridad. Estos sistemas de recuperación requieren atención especial en su diseño y protección, para evitar la posibilidad de que las flamas se comuniquen de un tanque a otro. Asimismo debe tomarse en consideración la posibilidad de rotura del tanque en caso de que se genere una presión interna excesiva. El tanque de techo cónico requiere esta \_ protección, debido a la relativa debilidad de sus costuras en el techo y anillos, en comparación con las costuras de otros tanques.

Cuando se utilizan tanques de presión, tales como esferas esferoides o tanques de techo de domo, así como aquellos con techo plano que contienen agua, se deben tomar medidas especiales en caso de que se genere presión excesiva. Algunos de los medios por los cuales \_ se brinda protección es por el empleo de contrapesos en las tapas de \_ los orificios de inspección, discos frágiles, válvulas de gran capaci-

dad, controles de nivel de líquido, etc.

Cuando los tanques estén sentados sobre bases dudosas, o que estén ellas sujetas a temblores de tierra o asentamientos de terreno, las conexiones de tuberías a los tanques deben considerarse cuidadosamente por lo que respecta a roturas.

Puede obtenerse protección contra estas dos posibilidades, mediante la instalación de codos flexibles, válvulas de control con secciones reforzadas para que la rotura se origine en un punto predeterminado, u otros dispositivos similares.

Para obtener protección contra descargas eléctricas, los tanques deben ser construidos todos de acero y a prueba de gases o equipados con techos flotantes. También deben ser equipados con boquillas de medición y ventilas para su protección. Es igualmente necesario dotar a los tanques con conexiones a tierra, ya sea sentándolos en el suelo y/o comunicándolos a las tuberías. Cuando se tenga duda sobre la efectividad de las conexiones a tierra, se deben hacer pruebas de resistencia a la electricidad, y si es necesario se harán conexiones especiales a tierra.

Los tanques con techos de madera pueden ser protegidos ampliamente contra descargas eléctricas mediante la instalación de cubiertas a prueba de gases y con equipos de para-rayos.

Las especificaciones de los materiales no pueden apartarse de lo relativo a la protección contra incendio. La calidad de casi todos los materiales que se emplean en las construcciones, tiene que ver con la protección contra incendio.

Para que haya seguridad de que se emplean materiales de buena calidad deben aplicarse las más recientes especificaciones estándar, así como recomendaciones de las instituciones reconocidas como autoridades en la materia, entre las cuales se encuentran: American Society for Testing Material, The American Society of Mechanical Engineers, American Standard Association, National Fire Protection Association, Underwriters Laboratories y otras.

Para especificaciones detalladas sobre estos tópicos se recomiendan las siguientes publicaciones de la NFPA y la National Board of Fire Underwriters:

- National Standard Fire Hose Couplings.
- Supervision & Care of Valves Controlling Water Supplies for Fire Protection.
- Hose Houses for Mill Yards.
- Outside Protection for Private Underground Piping Systems-Supplying Water for Fire Extinguishment.
- Stanpipe & Hose Systems.

No se ha intentado mostrar las especificaciones y recomendaciones de estas instituciones, debido a que el creciente progreso hace que las normas que hoy están en vigor, pueden resultar inadecuadas para mañana. Es evidente, que a veces será necesario sustituir las especificaciones formuladas por estas organizaciones, con especificaciones individuales para equipo especial y materiales que no hayan sido considerados por dichas organizaciones.

#### 3.4 OPERACIONES NORMALES Y DE EMERGENCIA.

Existen ciertos peligros inherentes a casi todas las operaciones que se ejecutan en el almacenamiento de líquidos, y es por ello que se han desarrollado varias normas con tendencia a evitarlos. Entre estas normas se encuentran las siguientes:

- 1:) La medición de tanques debe llevarse a cabo bajo un procedimiento bien definido.
- 2:) Cuando el tanque o su contenido esté en movimiento deberá evitarse su medición, ya que el movimiento de aceite en un tanque puede ocasionar momentáneamente la acumulación de electricidad estática, con peligro de que se descargue por medio de la cinta metálica de medición.
- 3:) Cuando líquidos inflamables o gases escapen de tanques, líneas u otros recipientes rotos, pero no se incendien, es buena costumbre hacer uso de todas las medidas de que se dispongan para limitar su propagación, patrullando el área afectada y limpiándola tan pronto como sea posible.
- 4:) En caso de que se registre una rotura en un tanque lleno, todas las líneas de que se disponga deberán utilizarse para bombear su contenido a otro recipiente.



- 5:) Los muros de protección y canales de drenaje deben detener el aceite y conducirlo a los separadores. Cuando en los separadores se registre una sobrecarga por este motivo, será necesario que se utilicen bombas portátiles pequeñas, especialmente diseñadas para recuperar el aceite.
- 6:) Si los canales de drenaje llegaran a obstruirse, deberán tenderse líneas provisionales a los muros de protección para drenar el aceite.
- 7:) Si el tanque está cerca de los alambiques, todos los hogares deben apagarse. Deberá patrullarse el área afectada y no deberá tirarse nada en los alrededores, que pueda provocar temperaturas de ignición.
- 8:) No se permitirá que en el área afectada operen locomotoras, automóviles, bombas con motor de gasolina, etc., en casos de derrame de aceites ligeros se recomienda que el combustible se cubra con espuma. Después de que el aceite se haya recuperado, el terreno deberá ser lavado con agua, mediante el uso de mangueras contra incendio, removiendo la tierra o cubriéndolo el área con tierra o arena, dejando el lugar bien limpio y probando los canales de desagüe, para cerciorarse de que no haya acumulación de basura.

En términos generales los derrames de aceites fríos y gases deberán manejarse de acuerdo con los lineamientos antes descritos. En casos de derrames de aceites calientes, el uso de espumas para excluir el aire y agua para enfriar el aceite, es el procedimiento recomendable. En caso de roturas en los tanques, deberá aplicarse vapor si es posible en la zona de gases del recipiente, y el contenido del mismo se deberá bombear a otro tanque, tan pronto como se pueda. La aplicación de agua y vapor en el punto de la fuga evitará la ignición.

### 3.5 MANTENIMIENTO.

Frecuentes y regulares inspecciones, por lo menos una al mes, deben hacerse a los tanques de almacenamiento, incluyendo ventilas, arrestadores de flama, coladeras, barandales, tubos giratorios fuera de los tanques y puertas de acceso. La inspección abarcará posibles descomposturas del sistema de venteo, así como niveles de corrosión en todo el equipo.

En épocas de invierno deben tomarse precauciones contra la humedad y congelación en los sistemas de ventilación. Los tanques para almacenamiento de crudos y aceites pesados deben ser inspeccionados diariamente, vigilando su contenido de agua y sedimento, el cual debe conservarse tan bajo como sea posible. Los remaches que permitan fugas o cualquier indicación de ellas en las costuras, deben ser reportados inmediatamente.

Deben inspeccionarse diariamente las bombas y sistema de bombeo, cuando las condiciones lo ameriten, como en el caso de los crudos de alto contenido de azufre, y en tanques de residuos sujetos a corrosión. En estos casos debe revisarse regularmente el grueso de las láminas de los cuerpos y cúpulas de los tanques, así como la acumulación de hierro pirofórico.

Antes de principiar las reparaciones o labores de inspección en instalaciones que produzcan o contengan materiales inflamables, deben eliminarse los gases, vapores o sustancias que puedan generar gases adicionales después de la operación original para eliminar estos. El diseño del sistema para eliminar gases debe ser tal que permita que esta operación se lleve a cabo sin dificultad. Se está empleando con éxito la aplicación de gases de chimenea para este fin, sin embargo, el lavado con vapor, rociado con agua caliente son métodos que se utilizan comunmente.

No se deberán hacer reparaciones de ninguna especie que puedan producir chispas u otras fuentes de calor, en tanques que hayan contenido líquidos inflamables o gases, sin antes haber sido vaciados, limpiados y estar libre de gases.

La limpieza de tanques para reparación, inspección o cambio de servicio, deberá ser realizada por una cuadrilla experimen-

tada y bajo la dirección de un mayordomo competente y bien entrenado. La operación deberá ejecutarse de acuerdo con los procedimientos de \_seguridad, establecidos en el folleto titulado " Limpieza de Tanques\_ para Almacenamiento de Petróleo ", publicado por el Instituto Americano del Petróleo.

Quando los tanques se estén lavando, los pitones de \_\_ las mangueras deben tener conexión a tierra para evitar descargas estáticas eléctricas, además se debe tener cuidado en la instalación de tierras al desconectar bridas, puertas de acceso, etc.

C A P I T U L O IV

---

DISPOSITIVOS DE VENTEO

## DISPOSITIVOS DE VENTEO

---

En este capítulo se discute el venteo empleado en tanques al nivel del piso para el almacenamiento del petróleo y sus productos exclusivamente a presión atmosférica.

Las operaciones asociadas con tanques de almacenamiento deberán ser cuidadosamente analizadas, ya que existen diversos factores que pueden afectar o influir significativamente los requerimientos de seguridad.

En tales operaciones, los requerimientos de venteo para sistemas de almacenamiento a baja presión es cubierto por Códigos ampliamente usados como, el A P I RP-2000 y otros como a continuación se verá.

### 4.1 VENTEO ATMOSFERICO PARA RECIPIENTES A BAJA PRESION

Como se sabe, la forma más simple de un venteo aplicada a un tanque de almacenamiento, es una entrada para el propósito de permitir al tanque "respirar, (inhalación o bien exhalación).

La inhalación es causada por una presión negativa o de vacío, mientras que la exhalación por una presión positiva. Para cada uno de los casos (inhalación o exhalación), la aplicación de venteos según el A P I anterior, tiene limitaciones que no pueden pasar sin consideración alguna para su aplicación con resultados satisfactorios y son:

- a) Dichos venteos aplican a tanques de almacenamiento enterrados y al nivel del piso diseñados para una presión de operación máxima de  $0.5 \text{ oz/in}^2$  de vacío hasta 1.5 psig.
- b) Los requerimientos de venteo no aplican a tanques de techo flotante.
- c) Los venteos más grandes que puedan ser requeridos, será únicamente en tanques que almacenan aceites con calentamiento y tanques sujetos a líneas turbulentas.

Similarmente, el empleo de arrestadores de flama u otros dispositivos, pueden contribuir con la presión de operación por lo que, también se contempla para el requerimiento de venteo.

Normalmente la referencia para venteo de baja presión, está asociado con tanques de almacenamiento de varias capacidades de miles de galones, sin embargo, pequeños tanques de baja presión pueden ser manejados en la misma forma.

El rango de presión de operación usual para el tanque según el A P I, es como se estableció en la limitación del inciso (a), de aquí que los recipientes de baja presión tienen valores de presión expresados en varias unidades, la tabla 4.1 puede ser usada para con versión.

Una de las características que se tiene que tener en con sideración para los requerimientos de venteo, es la de protección contra incendio en dichos tanques, ya que el aspecto de seguridad no puede pasar inadvertido.

Para esto se tomará en cuenta las características de propagación de flama, que es muy importante para el requerimiento de venteo de em ergencia. El término de propagación de flama involucra todos los me dios o formas en las cuales la flama se difunde en recipientes de ba ja presión.

Algunas autoridades en el campo de diseño de tanques de al macenamiento de líquidos flamables y operación han desarrollado fórmulas para calcular las capacidades de venteo como se verá en los si guientes objetivos.

#### 4.2 DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE VENTEO

Para la determinación de los requerimientos en cualquier sistema de almacenamiento, es importante tener en mente que algunos dispositivos pueden resultar inadecuados debido a los diversos facto res que intervienen en su determinación para ese sistema.

Dependiendo de la resistencia de la estructura del tanque, un venteo dimensionado para manejar los requerimientos de venteo nor mal, pueden ser inadecuados para manejar el flujo de vapores genera dos por una sobrepresión. Consecuentemente, los tanques deben tener

algún dispositivo o forma de construcción que releve el exceso de presión interna causada por alguna condición.

Este dispositivo puede tomar la forma de válvulas de respiración entre las cuales también se tiene las de respiración adicional o para venteo de emergencia. Generalmente hablando, los requerimientos de venteo se pueden resumir como sigue de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a) Vacío resultante de un máximo flujo de salida del tanque.
- b) Vacío resultante de contracción de vapores causado por una disminución máxima en la temperatura.
- c) Sobrepresión resultante por un flujo máximo de entrada (llenado) y una evaporación máxima provocada por ésta misma.
- d) Sobrepresión resultante por expansión y evaporación debido a un incremento máximo en la temperatura.
- e) Sobrepresión resultante por exposición al fuego.

De aquí se deduce que, estas condiciones gobiernan el ciclo de respiración normal excepto el inciso (e), ya que esta condición se considera como anormal o muy poco común, y está contemplada dentro de los requerimientos de venteo de emergencia.

Con los requerimientos arriba mencionados, se es claro que un venteo apropiado deberá ser provisto para una operación normal de cualquier tanque cuando éste es llenado o vaciado, así como también para expansión o contracción de vapores que estén contenidos en él.

#### 4.3 REQUERIMIENTOS DE VENTEO NORMAL

La capacidad de venteo normal puede ser obtenida sin exceder la presión de operación o vacío, y puede ser aplicada normalmente a tanques sin daños físicos.

La capacidad de venteo normal deberá ser la suma del requerimiento de venteo por movimiento y por efecto térmico (la capacidad puede ser reducida para productos cuya volatilidad es tal que la generación de vapores, dentro del rango de operación permisible, proveerá toda o parte de los requerimientos de venteo).

El venteo normal debe estar diseñado de acuerdo con el A P I RP-2000 u otro Estandar aceptado como se dijo al principio. La protección debe ser provista para prevenir sobrepresión por bombeo al tanque cuando la presión de descarga de bombeo en él pueda exceder la presión de diseño de dicho tanque.

Para propósitos de cálculo de capacidad de venteo para una máxima respiración normal, debido a movimientos del líquido, evaporación y cambios térmicos, el A P I, clasifica los líquidos flamables lo que tienen punto flash de 100°F y abajo de este valor. Conociendo el punto flash, la capacidad del tanque y la rapidez de llenado y vaciado, el estandar trata los ciclos de respiración "inhalación o vacío y "exhalación" o sobrepresión por separado como a continuación se describirá.

#### 4.3.1 RELEVO DE VACIO

Los tanques de almacenamiento pueden ser anormalmente cargados debido a una reducción de presión interna abajo de la atmosférica como resultado de varias circunstancias. Esta condición puede provocar inestabilidades de pandeo al igual que con pequeñas diferencias de presión, y es por lo tanto, necesario -- proveer de relevo de vacío por medio de válvulas u otros que permitan la entrada de aire (u otro gas), a una rapidez suficiente para prevenir que la presión interna caiga abajo del límite especificado.

Haciendo énfasis sobre el estandar a emplear, según el A P I a que se hizo referencia, el requerimiento de capacidad de venteo por un movimiento máximo fuera de un tanque, debe ser equivalente a 560 pies<sup>3</sup> de aire libre por hora, por cada 100 barriles (4200 galones) por hora de rapidez máxima de vaciado incluyendo el flujo por gravedad a otros tanques para aceites de cualquier punto flash.

El requerimiento de venteo por contracción de vapores para una capacidad de tanque dada, para aceites de cualquier punto flash deberá ser determinado de acuerdo con la tabla 4.2 columna 2. Así que los líquidos, solamente pueden ser distribuidos en un flujo continuo de un recipiente sí, el espacio evacuado por la salida de fluido es venteado, si no, el vacío se formará dentro del recipiente.



#### 4.3.2 RELEVO DE PRESION

El venteo para relevo de presión puede ser necesario por - que la mayoría de líquidos flamables son volátiles. El calor solar, un sistema de calentamiento cercano, un incendio, u otra fuente puede expandir los vapores causando una elevación en la presión. Ya que ésta podría alzarse o elevarse lo suficiente para la ruptura del recipiente, permitiendo la ignición de los vapores y así un rápido es-preado del fuego. Los dispositivos de relevo de presión son diseña-- dos para prevenir el levantamiento de tal presión.

Los tanques construidos según el A P I 620, que es un es-- tandar a seguir para la construcción de tanques de almacenamiento a baja presión, deben ser protegidos por dispositivos automáticos de - relevo de presión que prevendrá la presión al cierre del tanque, de un elevamiento más del 10% arriba de la presión permisible.

Según el A P I de referencia (RP-2000), el requerimiento - de capacidad de venteo para un máximo flujo de llenado y, para la -- evaporación provocada se tiene:

- a) Para aceites con punto flash de 100°F o arriba de éste valor, de-berá ser de 600 pies<sup>3</sup> de aire libre por hora por cada 100 barri-- les por hora de flujo máximo de llenado.
- b) Para aceites con punto flash abajo de 100°F deberá ser de 1200 -- pies<sup>3</sup> de aire libre por hora por cada 100 barriles por hora de -- flujo máximo de llenado.

Mientras que el requerimiento de capacidad de venteo por - expansión y evaporación para una capacidad de tanque especificada es tá dada para cada uno de los siguientes casos:

- a) Para aceites con punto flash de 100°F o arriba de éste valor, es- tá dado según la tabla 4.2 columna 3.
- b) Para aceites con punto flash abajo de 100°F está dado también por la tabla 4.2 columna 4.

CAPACIDAD DEL TANQUE	INHALACION (VACIO) CUALQUIER PRODUCTO.		EXHALACION (PRESION)	
			PUNTO FLASH 100°F O POR ENCIMA	PUNTO FLASH ABAJO DE 100°F
<u>Barriles</u> <u>Galones</u>	1	2	3	4
60	2 500	60	40	60
100	4 200	100	60	100
500	21 000	500	300	500
1 000	42 000	1 000	600	1 000
2 000	84 000	2 000	1 200	2 000
3 000	126 000	3 000	1 800	3 000
4 000	168 000	4 000	2 400	4 000
5 000	210 000	5 000	3 000	5 000
10 000	420 000	10 000	6 000	10 000
15 000	630 000	15 000	9 000	15 000
20 000	840 000	20 000	12 000	20 000
25 000	1 050 000	24 000	15 000	24 000
30 000	...	28 000	17 000	28 000
35 000	...	31 000	19 000	31 000
40 000	...	34 000	21 000	34 000
45 000	...	37 000	23 000	37 000
50 000	...	40 000	24 000	40 000
60 000	...	44 000	27 000	44 000
70 000	...	48 000	29 000	48 000
80 000	...	52 000	31 000	52 000
90 000	...	56 000	34 000	56 000
100 000	...	60 000	36 000	60 000
120 000	...	68 000	41 000	68 000
140 000	...	75 000	45 000	75 000
160 000	...	82 000	50 000	82 000
180 000	...	90 000	54 000	90 000

**NOTAS:**

1. Los valores están expresados en pie<sup>3</sup> de aire/hr. (14.7 psia a 60 °F)
2. Es necesario interpolar para tamaños intermedios.
3. Para tanques con una capacidad mayor de 20 000 Bls, los requerimientos para la condición de vacío son muy cercanos al valor teórico de 2 pies cúbicos de aire por hora por pie <sup>2</sup> cuadrado del área total de cuerpo y techo.
4. Cuando la capacidad es menor de 20 000 Bls, el requerimiento térmico de inhalación para la condición de vacío está basado en 1 pie cúbico de aire por hora por cada barril de capacidad del tanque.

		E.N.E.P "ZARAGOZA"	
		U N A M	
REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD DE VENTEO	TABLA. 4.2	TESIS PROFESIONAL	

#### 4.4 REQUERIMIENTOS DE VENTEO DE EMERGENCIA.

Cuando los tanques de almacenamiento se exponen a incendios, el venteo debe estar en exceso, resultando de la combinación por efectos térmicos y movimientos en dichos tanques. Para estos casos, la construcción del tanque determinará la capacidad de venteo adicional.

Se tienen principalmente los tanques con unión techo-cuerpo débil, en tanques con techo fijo con unión de este tipo (soldadura sencilla filete máximo de 3/16") según el A P I 650, la conexión fallará para cualquier otro tipo de junta, por lo que el exceso de presión será relevada si el venteo normal es insuficiente.

En tanques construidos con esas especificaciones los requerimientos de venteo de emergencia no son indispensables. En el caso contrario a este tipo de tanque, donde no es provisto con una unión débil, la capacidad de venteo de emergencia por exposición a fuego se determinará como sigue:

Para tanques a presiones de 1 psig o menos, el requerimiento de venteo total es determinado de acuerdo a la Tabla 4.3. Para tanques diseñados a presiones arriba de 1 psig, el requerimiento de venteo de emergencia total también es determinado por medio de la Tabla 4.3., excepto cuando el área mojada expuesta es mayor que 2 800 pies cuadrados, el requerimiento de venteo total será calculado por la fórmula siguiente:

$$CHF = 1\ 107\ A^{0.82}$$

Donde:

CHF = pies cúbicos de aire libre por hora a 14.7 psia y 60 °F.

A = Área mojada expuesta, pie<sup>2</sup>.

El requerimiento de venteo total en pies cúbicos de aire libre determinado de la Tabla 4.3 y la fórmula, está basado en la suposición de que el líquido almacenado tendrá las características del hexano, por lo que los resultados están en un grado de aproximación aceptable para casi todos los líquidos encontrados.

<u>AREA MOJADA</u> (pie <sup>2</sup> )	<u>REQUERIMIENTO DE VENTEO</u> (pie <sup>3</sup> /hr)	<u>AREA MOJADA</u> (pie <sup>2</sup> )	<u>REQUERIMIENTO DE VENTEO</u> (pie <sup>3</sup> /hr)
20	21 100	350	288 000
30	31 600	400	312 000
40	42 100	500	354 000
50	52 700	600	392 000
60	63 200	700	428 000
70	73 700	800	462 000
80	84 200	900	493 000
90	94 800	1 000	524 000
100	105 000	1 200	557 000
120	126 000	1 400	587 000
140	147 000	1 600	614 000
160	168 000	1 800	639 000
180	190 000	2 000	662 000
200	211 000	2 400	704 000
250	239 000	2 800	742 000
300	265 000		

**NOTAS:**

- Es necesario interpolar para valores intermedios.
- El área mojada para tanques o recipientes de almacenamiento, deberá ser calculada como sigue:
  - Esferas y Esferoides: Tomar la superficie total expuesta arriba del diámetro horizontal máximo, o a la altura de 25 pies, lo que sea mayor.
  - Tanque Horizontal: Tomar el 75% de superficie total expuesta.
  - Tanque Vertical: Tomar el área total expuesta del cuerpo a una altura de 30 pies arriba.
- Cuando el área mojada es mayor de 2 800 pie<sup>2</sup>, la velocidad total de venteo deberá ser calculada por la fórmula:

$$CHF = 1\ 107\ A^{0.82}$$

Donde:

CHF = Requerimiento de Venteo, pie<sup>3</sup> aire/hr.A = Area Mojada Expuesta, pie<sup>2</sup>.REQUERIMIENTO DE VENTEO DE EMERGENCIA  
POR EXPOSICION A FUEGOTABLA.  
4.3

E.N.E.P "ZARAGOZA"

A M

TESIS PROFESIONAL

Sin embargo, si se desea un grado de aproximación más gran de el requerimiento de venteo de emergencia para cualquier líquido - puede ser determinado por la siguiente fórmula:

$$CFH = V \cdot 1.337 / L \cdot M$$

donde:

CFH : Pies<sup>3</sup> de aire libre por hora

V : Pies<sup>3</sup> de aire libre por hora de la Tabla -  
4.3 ó de la fórmula

L : Calor latente de vaporización del líquido\_  
específico en BTU/lb

M : Peso Molecular del líquido específico.

Cuando los tanques son provistos de alguna protección adicional el valor del requerimiento de venteo debe ser multiplicado -- por algún factor en función de dicha protección.

a) Para tanques que disponen de drenaje el factor es de 0.5

b) Para tanques que disponen de algún aislante externo se tiene:

- Para 1" de espesor el factor será: 0.3

- Para 2" de espesor el factor será: 0.15

- Para 4" de espesor el factor será: 0.075

La capacidad de flujo de estos dispositivos de 8" y más -- grandes, incluyendo cubiertas entrada hombre con cerrojo o equivalentes pueden ser calculadas, dado que la presión de entrada es medida, la evaluación de la presión y el área del orificio libre estan fijos el cálculo está basado en un coeficiente de flujo de 0.5 aplicado al valor del área de orificio. La fórmula para aplicar es la siguiente:

$$CFH = 1,667 C_f A \sqrt{P_t - P_a}$$

donde: CFH = Requerimiento de venteo en pies<sup>3</sup> de aire libre por hora.

A = Área del orificio en pulg<sup>2</sup>

P<sub>t</sub> = Presión absoluta interior del tanque en in de H<sub>2</sub>O

P<sub>a</sub> = Presión absoluta atmosférica externa al tanque en in de H<sub>2</sub>O

De esta manera, la capacidad total de venteo normal y de emergencia no debe ser menor que la de la Tabla 4.3, los venteos que se emplean para este tipo de venteo pueden ser cubiertas entrada hombre, o una válvula de relevo más grande o adicional.

#### 4.5 DISPOSITIVOS DE VENDEO

Los tanques de almacenamiento que operan cerca de la presión atmosférica, requieren de relevo de protección para presiones positivas o negativas. Los cambios que se presentan de presión son pequeños, normalmente del orden de pulgadas de agua, debido a que actúan en el área interna del tanque, empero su efecto puede ser grande.

Los diseños de tanques de almacenamiento han sido desarrollados para eliminar o reducir requerimientos de venteo, tales como diseños de techo flotante o techo elevado. Sin embargo, el propósito de este objetivo, es discutir los dispositivos de venteo.

Como se sabe, un tubo abierto es el dispositivo más simple que puede ser usado para venteo, pero en muchas situaciones los venteos abiertos permiten mucha pérdida de producto. El método más ampliamente aceptado de protección para recipientes de almacenamiento, es el uso de válvulas de relevo de presión o rompedoras de vacío, o "conservación de venteo" como son comúnmente llamados.

El uso del término "conservación de venteo" es obvia para este propósito y emplea en conservación de productos. Otros aspectos del uso de conservación de venteo es que son bien identificados e importantes, ya que previenen indicios de toxicidad y/o vapores corrosivos, los cuales son dañinos tanto para el personal como para el equipo. Y ahora con la importancia en control de contaminación, el uso de conservación de venteo se convierte en algo mucho más importante.

Las formas que se tienen tanto para venteo normal como para emergencia, se pueden agrupar como sigue:

- a) Cubiertas
- b) Dispositivos de Relevo de Presión

## 4.5.1 VENTEO NORMAL

El venteo normal puede ser ejecutado ó realizado por los siguientes dispositivos que a continuación se describen.

- a) Válvulas de Presión-Vacío
- b) Venteo Abierto con ó sin Arrestador de Flama
- c) Arrestador de Flama

Las válvulas de Presión-Vacío (P-V) pueden ser clasificadas en dos tipos principales básicos y son:

- 1. Válvula operada por Piloto
- 2. Válvula de Paletas

## 1. VALVULA OPERADA POR PILOTO

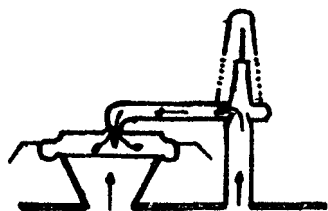
Los venteos operados por piloto, son normalmente usados en tanques de baja presión y estan disponibles con presiones de ajuste bajas de 0.5 oz/in<sup>2</sup>. Por lo que, una brebe descripción de venteos operados por piloto es incluida aquí mismo.

Estos tipos de venteo requieren solamente una conexión sercilla en el tanque de almacenamiento para cada aplicación, el venteo operado por piloto normalmente requiere de dos conexiones para cada aplicación, uno por la válvula principal y el otro por el piloto.

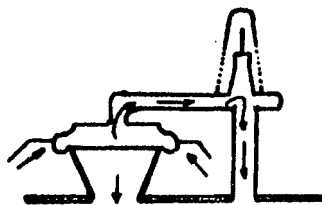
Para relevo de presión, el piloto es accionado por la sobrepresión, provocando que la válvula principal abra con violencia. Mientras que para relevo de vacío, el piloto es inoperativo pero el vacío en el tanque de almacenamiento causa que la válvula principal abra de la misma forma como la paleta del venteo Presión-Vacío, Figura 4.1.

Los venteos P-V operados por piloto son diseñados, tal que la válvula principal abra completamente una vez que el piloto haya abierto y cerrado bruscamente después que éste mismo haya cerrado.

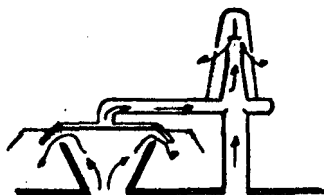
En servicio de relevo de presión, la sobrepresión es mínima y es considerada de poca importancia. Sin embargo, en servicios de vacío existirá sobrevacío con cualquier venteo de paleta convencional, ya que el piloto es inoperativo.



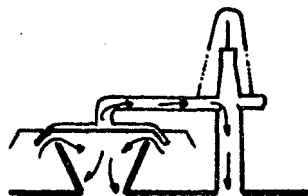
Ajuste de Presión



Ajuste de Vacío



Relevo de Exceso de Presión



Relevo de Exceso de Vacío

VALVULA OPERADA POR PILOTO

FIG.  
4.1

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL



Este hecho debe ser mantenido en la mente cuando se considere venteos operados con piloto para cualquier aplicación.

Algunos diseños de venteos operados por piloto cierran ligeramente más abajo del punto de ajuste. La diferencia entre el punto de ajuste y el punto de cierre real, esta definido como "blowdown" y es normalmente expresado como un porcentaje del punto de ajuste. La conservación de vapores de hidrocarburos requiere que el blowdown sea mantenido al mínimo.

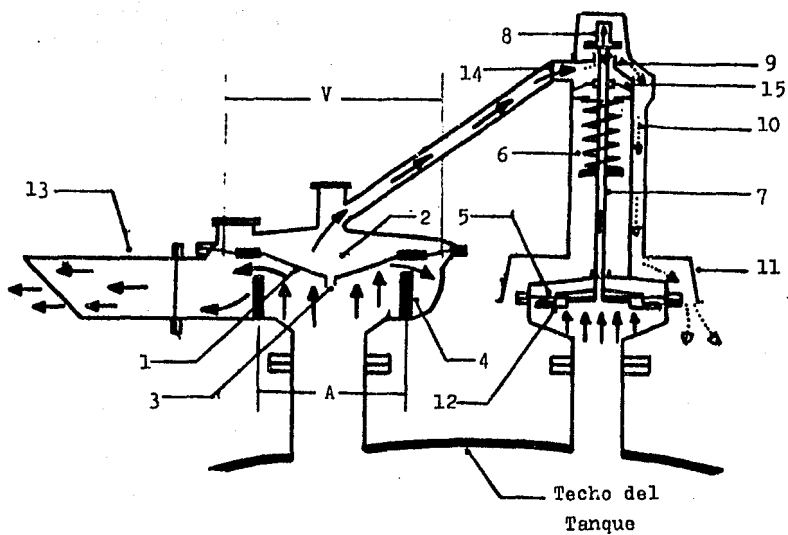
La mayoría de los tipos de válvulas de venteo P-V pueden ser provistos con arrestadores de flama, en donde sea requerido por regulaciones locales. Sin embargo, no son recomendados por que la adición de arrestadores incrementa requerimientos de mantenimiento y limpieza, además, reduce la capacidad de venteo de una unidad dada.

Cuando los arrestadores de flama son empleados, es necesario seleccionar una unidad más grande, o considerar una instalación más de una válvula de venteo P-V.

La forma en que operan estas válvulas es relativamente sencilla, ver Figura 4.2. Bajo condiciones normales de trabajo, una fuerza hacia delante es ejercida en la paleta principal (1) por la presión del tanque actuando sobre el área mostrada como A. La presión en la cámara (2), es igualada con la presión del tanque a través de la cavidad de vapor (7) y el orificio (14), aplicados sobre una área V para ejercer una fuerza hacia abajo sobre la paleta.

Ya que el área V es más grande que A, la paleta es sostenida firmemente en su lugar contra el asiento del resorte (4). El venteo se mantiene cerrado para todas las presiones dentro del rango de trabajo.

Cuando la presión de venteo es alcanzada, la fuerza hacia arriba de la presión del tanque actúa sobre el diafragma (5) en la unidad de control (contador de balances), balanceando la fuerza hacia abajo del resorte calibrado (6) y así, también balanceando el diafragma (15), provocando que el vástago vertical se eleve y abra la válvula piloto (8) venteando así la cámara (2) a la atmósfera a través del puerto de extracción (10). Como la cámara (2) es despresurizada, la paleta principal es levantada por la acción de la presión sobre su superficie inferior, y los excesos de vapores son venteados



FUNCIONAMIENTO DE UNA VALVULA OPERADA  
POR PILOTO A BAJA PRESION.

FIG.  
4.2

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL

hacia fuera a través de la cámara de extracción.

Cuando la presión del tanque empieza a caer abajo de la presión de ajuste, la válvula (6) cierra, entonces la cámara (2) es represurizada hasta la cavidad del vástago (7) junto con el orificio (14), causando que la paleta principal cierre y permanezca cerrada hasta que la cámara (2) sea otra vez venteada por acción de la unidad de control.

Un tipo más reciente de válvula operada por piloto, emplea un piloto de cerrojo magnetico para proveer una acción de cerrado a la entrada, eliminando la vibración que normalmente se encuentra en las válvulas operadas por resorte y piloto.

Según el A P I RP-2000, una válvula de venteo operada por piloto, cuando sea usada, deberá ser diseñada tal que la válvula principal abra automáticamente y protega al tanque en el suceso de la falla del piloto, diafragma u otra parte de funcionamiento esencial. Las válvulas equipadas con un peso y palanca serán preferiblemente no usadas.

## 2. VALVULA DE PALETAS

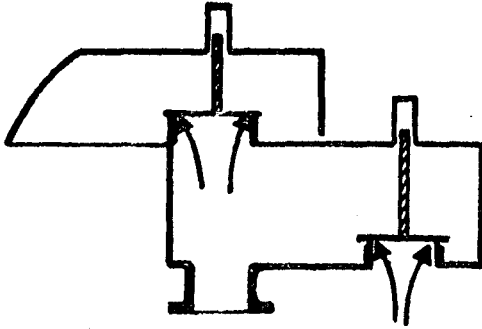
Existen varios tipos de venteos P-V que están disponibles y son descritos por los fabricantes en tres categorías principales:

- a. Válvula de Paleta Sólida
- b. Válvula de Paleta de Diafragma
- c. Válvula de Sello de Líquido

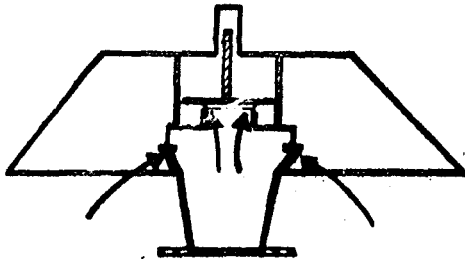
### VALVULA DE PALETA SOLIDA Y DIAFRAGMA

Las válvulas de paleta sólida y de diafragma, estan disponibles ya sea para el lado de presión o para el lado de vacío en un arreglo de paletas, o en un arreglo apilado Figura 4.3.

En el arreglo de paletas, el mismo estilo es empleado tanto para relevo de presión como de vacío, mientras que en el arreglo apilado las paletas no son necesariamente de estilo similar. En ambas paletas sólida y de diafragma, los venteos tienen una acción reguladora. Por lo tanto, una presión más alta que la presión de entrada es requerida por el venteo para abrir y pueda realizar su capaci-



Arreglo Lado a Lado (Presión - Vacío)



Arreglo Apilado

		E.N.E.F "ZARAGOZA"
		U N A M
VALVULAS DE PALETA SOLIDA Y DIAFRAGMA	FIG. 4.3	TESIS PROFESIONAL

dad de venteo. La presión de ajuste en la entrada, y la presión de flujo total, no deberá ser má alta que la presión máxima en el tanque para proteger adecuadamente el tanque.

Las válvulas de paleta sólida y de diafragma generalmente requieren sobrepresión o sobrevacío debajo de la entrada o en un punto fijo, antes de que la capacidad de flujo máximo sea alcanzado.

El límite de tiempo de vida depende del tamaño y diseño de la unidad, y preferentemente del diseño y carga de las paletas. Entre el punto de la entrada inicial y la condición de completamente abierta, la capacidad del venteo es afectada por el cambio en el levantamiento de la paleta, el cambio en el coeficiente de descarga y el cambio de presión.

Abajo del punto de entrada total, la capacidad es efectada por el cambio en presión unicamente. Después de que la presión es relevada, la válvula de venteo cierra, o ligeramente abajo del punto de ajuste.

Los diseños usuales de las paletas de venteo hacen ajustes en campo por la dificultad que presenta el fijar el punto de ajuste. En algunos diseños, los cambios en campo de puntos de ajuste pueden ser acompañados por reemplazamientos de paleta y/o paletas montadas.

La Figura 4.4a muestra una paleta para la conservación de venteo empleado para relevo de presión y de vacío. Una sección de la válvula de presión sobre la izquierda y la paleta de vacío sobre la sección más abajo a la derecha. La paleta muestra un asiento metal-metal Figura 4.4b, que no provee el ajuste requerido de sello para algunas aplicaciones.

Por lo tanto los mejores sellos son obtenidos por un diseño de "cojín de aire" Figura 4.4c, en el cual éste se inserta en la muesca cerca del perímetro de la paleta. La inserción es suave y flexible, y puede ser instalado fácil y rápidamente.

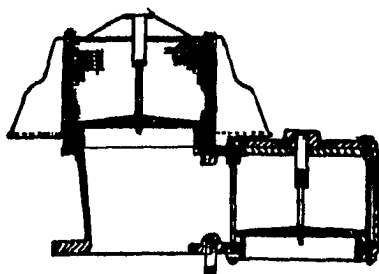
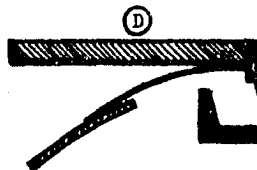
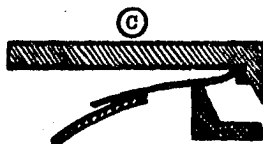
En las paletas de diafragma se tiene características de sellado que son muy aceptables, ya que el diafragma es una membrana de tipo doble que consiste de tres miembros, uno de los cuales se encuentra unido a la paleta rígida y las otras dos piezas están selladas juntas a sus bordes exteriores, pero que se encuentran flotando libremente en muesca.



( b ): Asiento Metal-Metal.



( c ): Sello con "Cojín de Aire".



( a ): Paleta de Conservación de Ventec

VISTAS DE ASIENTOS (SELLOS) EN PALETAS DE CONSERVACION DE VENTEC

FIG. 4.4

E.N.F.P "ZARAGOZA"
U N A M
TESIS PROFESIONAL

A presiones abajo del asiento de la válvula, el peso de las paletas hace un sello ajustado sobre el asiento de la válvula como se muestra en la Figura 4.4 en "A". Como la presión del tanque aumenta "B", el peso efectivo de la paleta es reducido, pero la presión del tanque que entra al espacio provoca que el elemento del diafragma más bajo sea forzado ajustando así contra el asiento y mantenga un sello justo, como en el tanque aumenta la presión -- más después, las paletas se levantan "C" y el miembro del diafragma más bajo permanece en contacto con el asiento hasta que la presión del tanque, alcanza el ajuste de la válvula cuando es elevado el asiento según "D".

Cuando el relevo de presión solamente es requerido, una válvula de relevo puede aparecer como se muestra en la Figura 4.5a, y lo mismo sucedería para un relevo de vacío.

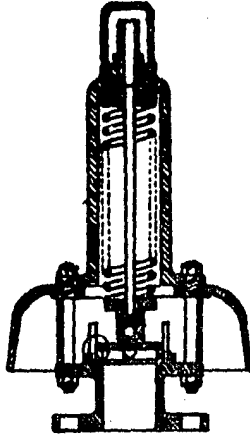
Las paletas usadas en todas las válvulas ilustradas arriba son referidas como paletas de peso muerto, la única fuerza que posesiona la paleta cerrada es el peso de la paleta.

Las paletas presionadas con resorte pueden también ser empleadas Figura 4.5b, la cual permite rangos de alta presión que son obtenidas con paletas de peso muerto. La construcción de la -- válvula es la misma.

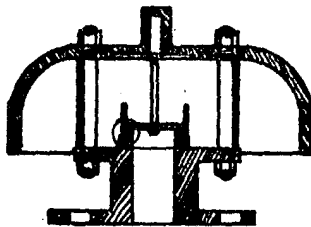
Un estilo especial de tipo de paleta para venteo P-V, emplea un tipo de amortiguador de aire de sello de teflón expandido en conjunto con un cerrojo magnetico. El magneto permanente ayuda a que la cubierta selle ajustadamente, hasta que la presión de -- ajuste sea alcanzada. Cuando la fuerza necesaria para vencer la atracción magnetica es alcanzada, entonces la cubierta abre y el -- venteo es instantaneo.

La fuerza magnetica, como una función del tamaño y es--- fuerzo del magneto, puede ser seleccionado por presiones de ajuste de 0.5 psi hasta 2.5 psi en incrementos de 0.5 psi.

Según el A P I RP-2000 se requiere como mínimo una producción de un modelo para cada tipo y tamaño de dispositivo de venteo, sea probado bajo condiciones especificas para determinar capacidad de válvulas. Esta información deberá ser representada en tabla o en la forma de una curva.



( b ): Válvula de Relievo de Presión con Paletas cargada con Resorte para Altas Presiones.



( a ): Válvula de Relievo únicamente de Presión.

		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		F N A N
VALVULAS DE RELEVO DE PRESION Y VACIO DE PALETAS	FIG. 4.5	TESIS PROFESIONAL



Las curvas de capacidad de flujo están normalmente representadas para mostrar la información requerida. La Figura 4.6., muestra las curvas típicas, tanto para relevo de presión como de vacío.

#### VALVULAS DE SELLO LIQUIDO

En válvulas de este tipo, un líquido proporciona el cierre contra el paso de flujo a través del venteo cuando se presenta sobrepresión o sobrevacío.

Las propiedades físicas del líquido de sello, normalmente son tales que tenga un punto de congelamiento bajo, así como también un alto punto de ebullición. En suma el líquido de sello no deberá contaminar el contenido del tanque ni éste ser contaminado por el mismo. Se encuentran disponibles tres tipos de líquido de sello para venteo, que a continuación se describen.

##### a) Sello Líquido Tipo "A"

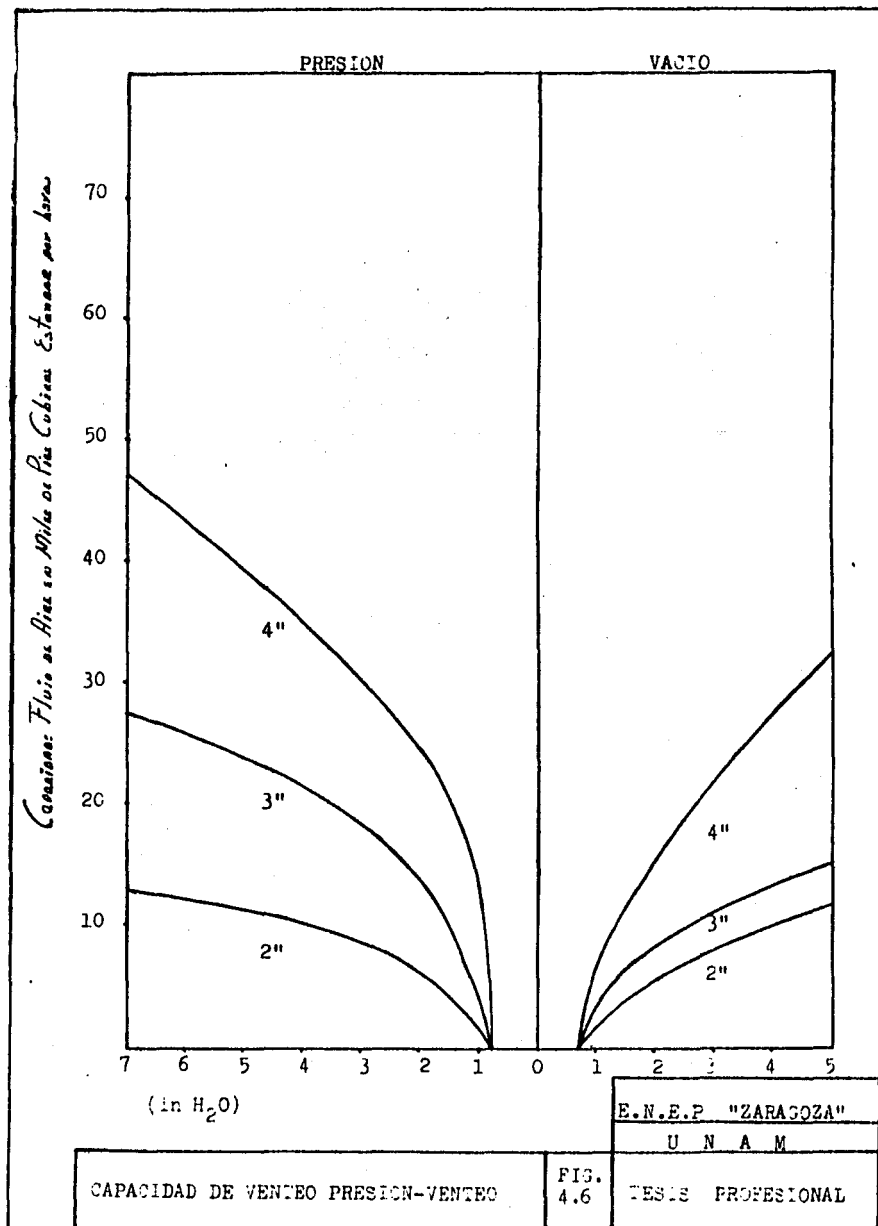
Es una unidad pesada, diseñada para capacidades grandes de flujo Figura 4.7a. En esta unidad, una compuerta curvada o elemento cilíndrico, es rotado alrededor de ejes para resellar los puertos y permitir flujo, cuando la sobrepresión o el sobrevacío se presenten.

Varios métodos son usados para rotar el elemento. El líquido de sello se remueve en el lugar, el tipo "A" no puede alcanzar una capacidad de flujo máxima sin algo de sobrepresión o sobrevacío.

El tiempo de vida depende del mecanismo usado para rotar el elemento., éste tipo puede ser equipado con un mecanismo ajustado por facilidad de cambios en campo para puertos de ajuste.

##### b) Sello Líquido Tipo "B"

De acuerdo a la Figura 4.7b, emplea dos campanas pesadas en donde las bocas están normalmente sumergidas en el líquido de sello. El relevo de presión o vacío es afectado, cuando el exceso de presión o vacío eleva la respectiva campana fuera del líquido y rompe el sello. El líquido se remueve en una sola área.



El líquido tipo "B" puede probablemente alcanzar la capacidad máxima con menos sobrepresión o sobrevacío que el tipo "A". Los cambios para puntos de ajuste pueden ser consumados cambiando el peso de la campana. Preferiblemente los cambios deberán ser ejecutados por el fabricante de dicha válvula.

Algunos arreglos ligeros en los puntos de ajuste pueden ser afectados por cambios del nivel del líquido en el colector.

#### c) Sello Líquido tipo "C"

Ver Figura 4.7 c, es diseñado con partes móviles, el líquido es desplazado alrededor de los tubos verticales de depósitos fijos por la sobrepresión o sobrevacío permitiendo flujo.

Cuando la presión o vacío, retornan abajo del punto de ajuste, el líquido dreña atrás para restaurar el sello.

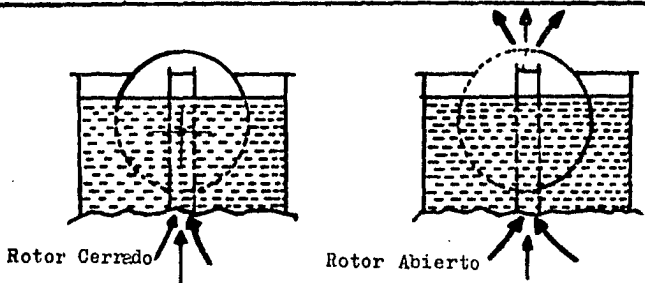
El tipo "C" requiere algo de sobrepresión o sobrevacío antes de que la capacidad máxima sea alcanzada. El tiempo de vida depende del tamaño y diseño de la unidad, normalmente no es disponible realizar cambios en campo en puntos de ajuste.

Los tipos "B" y "C" son frecuentemente usados en tanques de almacenamiento relativamente pequeños. Están disponibles con presión de ajuste arriba de  $8 \text{ oz/in}^2$  y con vacío de ajuste arriba de  $1 \text{ oz/in}^2$  para aplicaciones donde dichos ajustes, incluyendo la sobrepresión o sobrevacío, no exceda la presión máxima permisible de trabajo de los tanques.

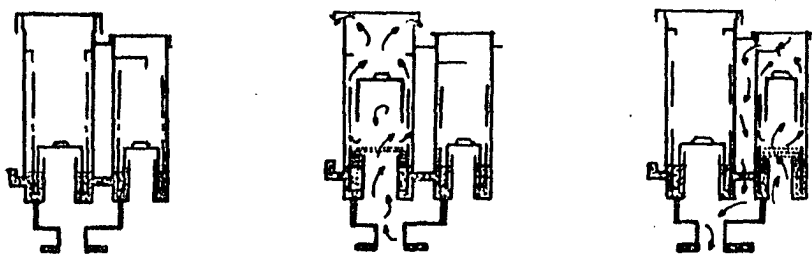
Las válvulas de diafragma y sello de líquido tienen menos fuga que los de tipo metal-metal. Para servicios dependientes, los diafragmas deberán ser resistentes a los vapores del tanque.

#### VENTEO ABIERTO

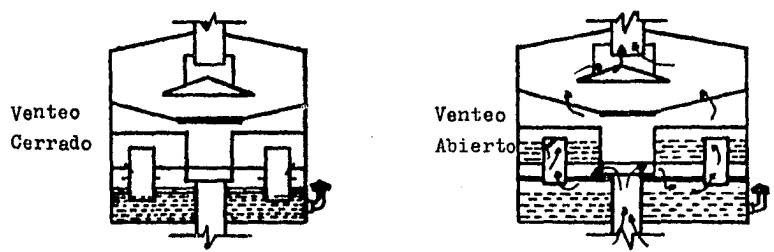
Cada tanque, según NFPA No 30-L, debe ser venteado a través de una línea adecuada en tamaño para prevenir retroceso de vapor o líquido a la entrada de llenado. Estas líneas de venteo no podrán ser menores de  $1 \frac{1}{4}$ " de diámetro nominal.



( a ): Válvula de Sello Líquido de Alta Capacidad (Tipo "A")



( b ): Válvula de Sello Líquido (Tipo "E")



( c ): Válvula de Sello Líquido (Tipo "C")

E.N.E.P "ZARAGOZA"  
 U N A M

TIPOS DE VALVULAS DE SELLO LIQUIDO	FIG. 4.7	TESIS PROFESIONAL
------------------------------------	-------------	-------------------

El venteo abierto se construye a partir de un tubo con -- una abertura en su circunferencia superior, donde ésta es protegida del viento y la lluvia por medio de un sombrero que dirige hacia abajo el flujo de vapores.

Los venteos abiertos del tipo hongo o retorno encorvado - no debe usarse en tanques de techo fijo almacenando líquidos combustibles, ya que provocan altas pérdidas de producto. Estos venteos como ya se había mencionado, están equipados de entradas con capuchas y mallas de protección. La entrada es delineada -- hacia abajo para prevenir cualquier bloqueo por hielo o nieve.

Como un ejemplo típico del uso de este tipo de venteo, se tiene el almacenamiento de petróleo crudo, en tanques de 3000 barriles o menos en áreas de producción y también en líquidos que sean - diferentes a los de la clase IA.

Los venteos abiertos pueden ser usados para dar capacidad de venteo, a tanques con aceites de punto flash arriba de 100 °F y calentados, donde la temperatura de almacenamiento esta abajo de su punto flash. Para tanques con una capacidad de menos de 2,500 gal. empleados para el almacenamiento, y para tanques con una capacidad menor de 3000 barriles en almacenamiento de crudo, las líneas de -- venteo deben estar localizadas tal que el punto de descarga esté -- fuera de las construcciones, más alto que la entrada de la línea de llenado y no menos de 12 pies arriba del nivel del piso. Además deben estar equipadas con dispositivos de venteo, los cuales normalmente se encuentran cerrados, excepto cuando se presenten condiciones de venteo a presión o vacío y estos tengan que abrir.

Las líneas de venteo de 2" o menos de diámetro nominal no deben ser obstruidos por dispositivos que causen un exceso de contrapresión. Si la línea de venteo es menor que 10 pies de longitud o más grande de 2" en diámetro nominal las salidas deben estar provistas con un dispositivo de relevo de presión y vacío.

Los venteos con arrestador de flama pueden ser usados en lugar de válvulas P-V, únicamente en tanques con aceites de punto flash abajo de 100 °F y en tanques con aceites que son calentados -- arriba del punto flash del aceite.

El estudio teórico de sistemas de venteo no está bien documentado, pero nunca se ha considerado el efecto de bisel que pueda tener el ángulo en la descarga de dicha línea de venteo. Para un flujo subsonico, el bisel del ángulo no afectará el flujo vertical unidireccional, pero para otro tipo de flujo, la fuerza de reacción es una función de dicho ángulo, y las relaciones están basadas en la razón de momentum a la presión estática de la salida en la línea de venteo.

El efecto del bisel del ángulo, es útil en el diseño del empotramiento de la línea de venteo, el cual deberá ser capaz de resistir el momento generado componente de dichas fuerzas en una línea de venteo biselado.

#### ARRESTADORES DE FLAMA

Cuando se almacenan líquidos que tienen un punto flash en el rango de temperatura normal que corresponde a la época del año, el espacio de vapor en el tanque normalmente contendrá vapores en el rango explosivo.

En tales tanques los arrestadores de flama tienen su aplicación más importante. Sin embargo, la condensación y cristalización de ciertos líquidos y congelamiento de humedad en invierno pueden hacer de la conservación de venteo y de los arrestadores de flama totalmente no prácticos.

Los arrestadores de flama de malla de alambre comúnmente son de malla 40, ya que con este tamaño previenen el pasaje de flama a través de las pequeñas entradas, pero por el posible daño físico a la malla ya sea por obstrucción con residuos, no puede manejarse como un arrestador de flama efectivo.

Los arrestadores detienen la reproducción de flamas completamente. Este dispositivo contiene platos perforados, ranuras, tubos pequeños, empaques sólidos, fibra de acero o de vidrio, para retardar el viaje de la flama. Algunos arrestan el viaje de la flama a la velocidad de combustión normal, pero ninguno ha sido desarrollado (y quizás nunca será) para detener o arrestar altas velocidades debidas a una explosión o detonación.

Los arrestadores de flama contruidos de bancos de platos o tubos metalicos paralelos, tienen una superficie grande para disipar el calor, son más efectivos para entradas más grandes que las mallas y estan, menos sujetos a la obstrucción y corrosión.

El calor es absorbido por los platos metalicos por su área de superficie, los cuales bajan la temperatura del vapor abajo de su punto de ignición. Pero, si el arrestador es expuesto a tiempos de encendido grandes, los platos se calientan en el fondo, y pueden encender cualquier mezcla flamable aire-vapor en el tanque.

La función principal del arrestador de flama es proteger contra ignición de vapor dentro de un recipiente durante operaciones de llenado y distribución, previniendo de incendio desde el exterior al interior del recipiente por medio de absorción y disipación del calor como ya se había discutido.

La Figura 4.8 muestra las capacidades promedio del arrestador de flama, mientras que la 4.9 muestra sus partes respectivas.

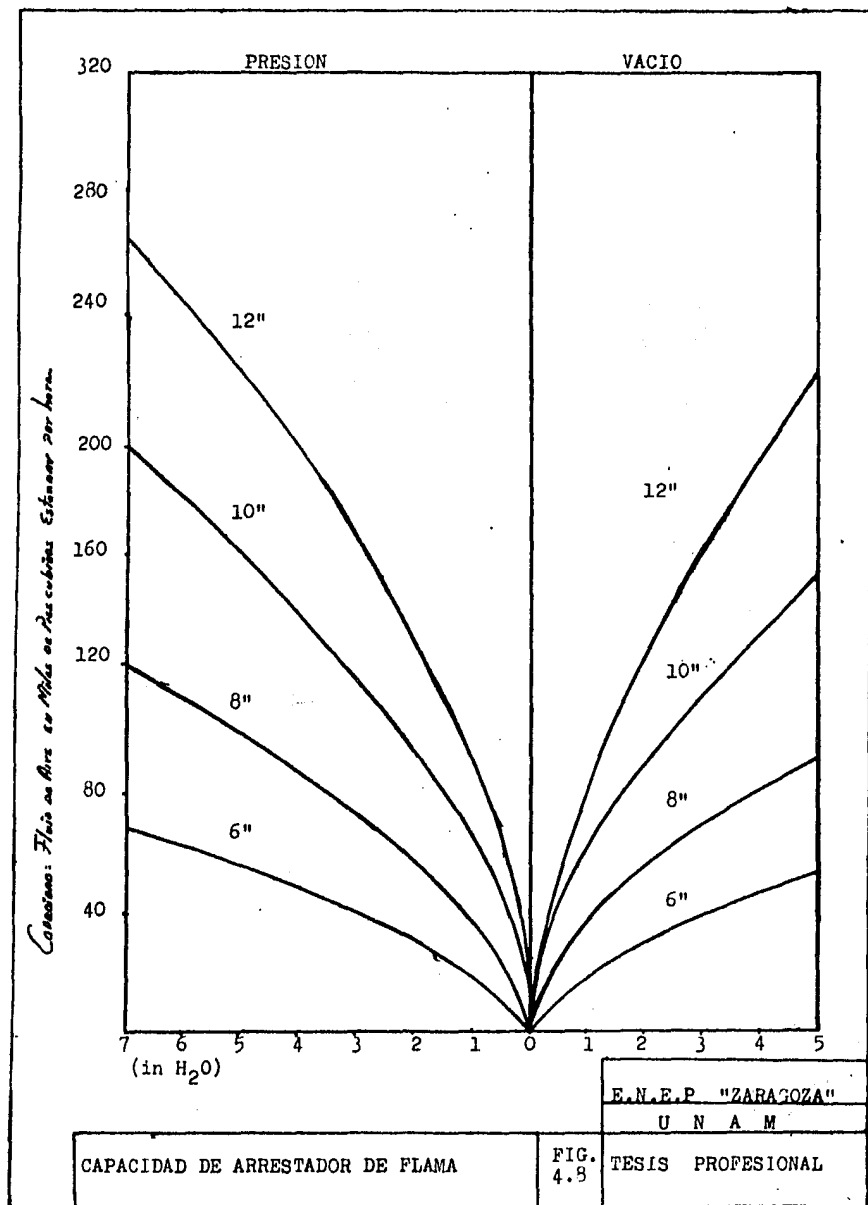
#### 4.5.2 VENDEO DE EMERGENCIA

Los venteos de relevo de presión de emergencia proveen capacidad de venteo adicional para relevar la presión interna excesiva resultando de condiciones no usuales o poco comunes, tales como exposición a fuego o una mala función del venteo P-V.

Los venteos de emergencia son comunmente usados como sustitutos de "entradas hombre" o cubiertas de entrada hombre, las cuales levantan bajo presión. Los gastos nominales para éste venteo, proporcionan protección contra ruptura del tanque y el posible derramamiento de su contenido.

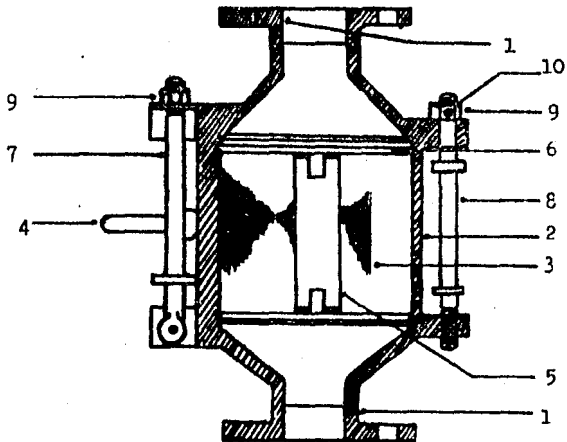
El ajuste del venteo de emergencia deberá ser, más alta que la presión de la capacidad total de los venteos P-V, para asegurar el propio funcionamiento del equipo de venteo regular.

En la ausencia de una provisión propia para tal relevo, las presiones altas pueden ser generadas por tales condiciones, y la ruptura del tanque se puede presentar como lo que se conoce "explosión". Tales rupturas no son muy frecuentes, pero cuando éstas se presentan provocan daños desastrosos e irreparables a todos los





Núm.	Nombre
1	Cabezal
2	Vaso
3	Panal
4	Manija del Vaso
5	Centro del Panal
6	Anillo de Retención
7	Birlos Movibles
8	Birlos Fijos
9	Tuerca
10	Seguro



E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

PARTES DE UN ARRESTADOR DE FLAMA

FIG.  
4.2

TESIS PROFESIONAL

alrededores. Por lo que, el venteo de emergencia puede ser ejecutado o realizado por el uso de:

1. Venteos abiertos adicionales ó más grandes.
2. Válvulas Presión-Vacío más grandes adicionales, ó válvulas de relevo de presión.
3. Una escotilla de medición la cual permita levantar la cubierta - bajo presión interna anormal.
4. Una cubierta entrada hombre, que permita la cubierta levantar bajo presión interna anormal.
5. Tanques con uniones débiles cuerpo-techo para tanques de techo fijo.

Las juntas fallan y la presión en exceso puede ser relevada. Un tanque con unión techo-cuerpo débil (máximo 3/16 in de soldadura de filete simple), como se describe en el A P I 650 es reconocido de que tiene costuras débiles, y por lo tanto, no requiere -- venteos de emergencia adicionales o más grandes.

Respecto a los dispositivos que se mencionarán arriba, todos han sido descritos en el objetivo anterior, excepto las cubiertas de entrada hombre y escotillas de medición, éstas se describirán a continuación en forma breve.

#### CUBIERTAS

La cubierta de acción de resorte proporciona por sí misma el relevo de presión. El incremento de la presión en el interior -- del recipiente, forza la cubierta a levantar contra la presión que ejerce el resorte suficientemente para permitir los vapores escapar.

Cuando la presión es relevada, la cubierta cierra otra -- vez para formar un sello ajustado. Existen cubiertas que cierran -- por simismas, éstas cubiertas son diseñadas para detener la evaporación de líquidos almacenados. Añidiendo, para excluir aire del exterior, por lo que la probabilidad de los sucesos de incendio son minimizados.

Se disponen de tres tipos de cubiertas de acuerdo a su mecanismo de cerrado y son las siguientes:

- a) Cubiertas que cierran por gravedad
- b) Cubiertas que cierran por acción de resorte
- c) Combinada

La cubierta por acción de gravedad es la más empleada comúnmente en recipientes, y las tres funciones principales de este tipo de cubierta son:

1. Relievo de Sobrepresión
2. Sellado del contenedor contra fugas
3. Minimizar la evaporación y escape de vapores.

Así mismo, éste tipo de cubierta con acción de resorte, - para el período de vaciado y llenado, es ayudada para abrir por presión manual durante estos períodos.

Cuando la presión manual es removida, la cubierta cierra automáticamente y forma un sello ajustado alrededor de la abertura o entrada, el sello deberá estar justo tal que no permita fuga al igual que si se colocara el recipiente al revés.

La cubierta combinada tiene un fusible de conexión para - proteger la entrada del recipiente usada para lavado y limpieza, y, para confinar el líquido inflamable de desperdicios en el tanque. Este fusible de conexión ayuda para abrir la cubierta, y funde alrededor de 160 °F (71 °C).

Por lo que, si se presenta un incendio dentro o cercas -- del recipiente, la conexión fundirá y la cubierta caera a través de una combinación tanto de acción de resorte como de gravedad.

Un incendio en el interior del recipiente es sofocado, y un incendio externo al recipiente es prevenido para que no alcance el contenido.

### 4.5.3 ASIENTOS DE VENTEO

Cuando se almacenan productos con presión de vapor bajas, la construcción de la mayoría de los tanques es tal que las válvulas de venteo no deben abrir más de  $0.5 \text{ oz/in}^2$  de presión o vacío. Sin embargo, la presión interna a la cual un tanque puede ser mantenido, es dependiente del diseño y condición de tanque.

Generalmente hablando, los tanques de techo fijo o conico a baja presión no deberán ser operados a presiones abajo de la carga de peso muerto de la cubierta. Por lo tanto, las válvulas de venteo para tales tanques deben ser dimensionadas y los asientos de presión ser fijados tal que los requerimientos de relevo normal sean accesibles dentro de ésta limitación.

También es importante que la capacidad de flujo requerido sea obtenido cuando el tanque este respirando sin el desarrollo de un vacío que pueda provocar daños. Esto requiere de consideraciones de tamaño del tanque, diseño, la posible exposición al fuego, y otras que hacen un método general para determinar la máxima seguridad de trabajo. El boletín "Prevención de Pérdidas" No. 1323, dispone que  $1.75 \text{ in}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  de presión negativa es la máxima permisible para tanques cónicos verticales teniendo lienzos de  $3/16 \text{ in}$  en el techo.

Sin embargo, ninguna recomendación es hecha para tanques de construcción más pesada por lo tanto es sugerido que, sea establecida la recomendación del fabricante a ser seguida.

Cuando productos con alta presión de vapor estan siendo almacenados, las válvulas de conservación de venteo de un diseño completamente diferente vienen a ser instaladas. Tales válvulas estan normalmente equipadas con paletas de vacío cargadas con peso muerto para asientos de  $0.5 \text{ oz/in}^2$  hasta  $0.5 \text{ psi}$ , dependiendo de la construcción del tanque.

Los asientos de presión alineados desde  $0.5 \text{ psi}$  y más, son obtenidos por peso y brazo de palanca o cargados con resorte, pero en algunos casos, son obtenidos por válvulas de relevo operadas con diafragma.

En cuanto a la reducción de pérdidas de producto, se ha observado que al incrementar la presión de almacenamiento, (hasta donde la construcción del tanque lo permita), es un mecanismo muy efectivo para reducir dichas pérdidas.

No puede asegurarse que estas sean del 100% ni se puede esperar, debido a que en muchos casos, la contracción y expansión térmica de vapores dentro del tanque y cambios de la presión de vapor en los productos, puede provocar la entrada de aire durante la noche y la salida de vapores durante el día.

También en la mayoría de los casos los vapores deben ser liberados, ya sea a la atmósfera o a un sistema colector, durante las operaciones de bombeo. Los asientos generalmente proporcionan respiración normal y en la mayoría de los casos, deben estar fijos tal que la presión requerida para una capacidad de relevo o de emergencia total no exceda la máxima recomendada del fabricante.

Para calcular la presión teórica de Almacenamiento, se supone un tanque, el cual contiene productos volátiles a una temperatura absoluta con espacio de vapor ( $T_1$ ) y que existe equilibrio entre el líquido y vapor arriba de la presión atmosférica.

Bajo tales condiciones, el espacio de vapor contendrá una mezcla de gas teniendo una presión de ( $P_{min}$ ), correspondiendo a presión de vapor del producto a una temperatura superficial, y aire a presión de ( $14.7 - P_{min}$ ).

Si la temperatura en el espacio de vapor es incrementada en algún valor absoluto ( $T_2$ ), la presión parcial del aire se incrementará a ( $14.7 - P_{min}$ )  $T_2/T_1$ . Con este aumento en la temperatura del espacio de vapor, la temperatura de superficie y la presión de vapor ( $P_{max}$ ) también aumentaran.

Esto hace una presión total en el espacio de vapor de --- ( $14.7 - P_{min}$ )  $T_2/T_1 + P_{max}$ , por lo tanto la presión teórica de almacenamiento ( $P_B$ ), a la cual el equilibrio es reestablecido y al cual no se presenta pérdidas, puede ser escrito:

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

Debe entenderse que ésta ecuación aplica al almacenamiento en pie, y que su uso está restringido a tanques que son construidos a resistir presiones calculadas.

Para hacer uso de ésta ecuación, es necesario obtener datos de espacio de vapor y temperatura superficial del líquido. A -- continuación se listan las temperaturas con sus respectivas relaciones.

Temperatura máxima Atmos férica.	Temperatura máxima super ficial, liq.	Temperatura mínima super ficial, liq.	Temperatura máxima y mín. es pacio d'vapor.
60	60	50	100 y 45
65	65	55	105 y 50
70	70	60	110 y 55
75	75	65	115 y 60
80	80	70	120 y 65
85	85	75	125 y 70
90	90	80	130 y 75
95	95	85	135 y 80
100	100	90	140 y 85
105	105	95	145 y 90
110	110	100	150 y 95
115	115	105	155 y 100
120	120	110	160 y 105
125	125	115	165 y 110
130	130	120	170 y 115

Todos estos valores son en °F.

#### 4.5.4 LOCALIZACION Y MANTENIMIENTO DE VENTEOS PRESION VACIO

Normalmente para un tanque vertical, la localización es en la punta del techo cónico, debido a que el venteo presión-vacío deberá estar localizado a un punto más alto del espacio de vapor, para proporcionar libertad y acceso máximo a ello.

Desde un punto de vista práctico, sin embargo, los fabricantes y usuarios generalmente coinciden que los venteos presión-vacío deben estar localizados cerca del perímetro de los tanques, y adyacentes a escaleras o plataformas para permitir fácil acceso para inspección y mantenimiento.

Todos los venteos instalados y venteos de emergencia requieren de inspección regular y mantenimiento, la frecuencia es dependiendo de las condiciones locales. El relleno entre el venteo y la boquilla de la brida también debe recibir inspección regular.

Las instrucciones específicas de mantenimiento, están disponibles directamente de fabricantes. Por lo tanto, el personal encargado con la responsabilidad para venteos presión-vacío, debe convenir con las recomendaciones que el fabricante determine, antes de intentar cualquier operación o labores de mantenimiento. Las siguientes sugerencias son generales, y no están intentadas para sustituir cualquier recomendación de fabricante.

Cada venteo deberá ser desmontado para una examinación completa y necesaria, deberá someterse a limpieza e inspección por abrasión y picaduras en las superficies del asiento, deformaciones o corte de diafragmas, y congelación, pérdidas, dilución o contaminación del líquido de sello.

Todas las partes gastadas deben ser reacondicionadas por un equivalente a nuevas condiciones respecto a su estado de desgaste o en su defecto ser reemplazadas. Todas las partes deben ser reensambladas correctamente en condiciones limpias y secas.

El aceite, grasa u otro lubricante no debe ser aplicado a las guías u otras superficies de venteo mecánicas. Si es necesario, líquido nuevo deberá ser adicionado a líquidos de sello para venteos.

Cuando es empleado el arrestador de flama en alguna unidad, éste deberá recibir su mantenimiento e inspección con la misma frecuencia que con los venteos presión-vacío.

Los arreglos de las mamparas o baffles deben ser removidos, y los elementos arrestantes deben ser limpiados y reubicados en condiciones secas. Si la limpieza adecuada no es posible, el arrestador de flama deberá ser removido totalmente, también no debe emplearse aceites u otros líquidos para inducir la retención de polvo y otros materiales extraños.

#### 4.5.5 MATERIALES DE CONSTRUCCION

Las válvulas de relevo de presión y vacío deberán ser -  
construidos de materiales no sujetos a corrosión excesiva para el servicio intentado, ni estar sujetos a que el asiento o partes móviles bajo condiciones climatológicas no puedan ser abastecidos o suministrados.

La conservación de venteo y arrestadores de flama están disponibles en casi todos los materiales, que son compatibles con la construcción del tanque y requerimientos de almacenamiento de producto.

Las cajas y las partes de aluminio son predominantes por el peso y tamaño, cuando es recomendable por el producto manejado así como su ambiente. El acero inoxidable, de cadmio, hierro fundido y aleaciones resistentes a la corrosión son algunas veces necesarios a emplearse. Los materiales no metalizados, son usados para asientos de inserción, diafragmas, empaques y sellos, pero en estos también existe gran variedad para proporcionar un servicio específico esperado.



#### 4.5.6 PRUEBA DE DISPOSITIVOS DE VENTEO

Para asegurar una operación satisfactoria de venteos - presión-vacío, particularmente en tanques grandes de techo fijo, deberían ser probados para ajuste y operación positiva a presiones fijas.

Esto normalmente es hecho cuando los venteos son instalados y -- más frecuentemente después, como dicte la experiencia. Muchos métodos son empleados para checar los venteos presión-vacío, mientras están en operación por medio de una observación visual, ruidos y por olores en días calurosos.

Estos métodos indican sólo que el venteo está muy abajo de un nivel aceptable de eficiencia y por lo tanto de valor limitado.

Las condiciones de venteos P-V es considerada satisfactoriamente para todos los propósitos prácticos, si la rapidez de fuga determinada por los siguientes no exceden 0.5 pies<sup>3</sup>/hr para venteos de 6" en tamaño y más pequeños, o 5 pies<sup>3</sup>/hr para venteos de 8" y más grandes.

Existe una operación de pruebas, que puede proporcionar una indicación sobre la cantidad de fuga, ésta puede ser realizada al unir una bolsa de plástico de volumen conocido a la salida del venteo P-V. La bolsa coleccionará cualquier mezcla de aire y un vapor que fuga cuando el tanque está bajo una presión menor que el asiento del venteo. Esta prueba debe por lo tanto, ser hecha cuando el tanque esté bajo presión; la presión deberá ser continua durante el período de prueba.

Al inicio de la prueba, la bolsa plástica es enrollada ajustadamente contra el venteo para desinflarla completamente. El tiempo requerido por la bolsa para inflarla es checado. Los resultados indican si el venteo está en condiciones satisfactorias, o pueda requerir reparación o reemplazamiento.

Esta prueba es simple pero, si existe un venteo notable, ésta aproximación no es confiable. Antes de que ésta prueba sea hecha, los asientos y paletas deberán estar secas, ya que las superficies húmedas darán niveles de fuga bajos que son engañosos.

El procedimiento anterior dará una indicación de las condiciones de venteoya en servicio, para asegurar una operación satisfactoria, los venteos P-V particularmente en tanques de techo fijo deben ser probados para presiones de ajuste y operación positiva. Esto deberá ser hecho en el tiempo de instalación, y periódicamente ya después la única prueba confiable para fuga, (a menos que la presión de entrada este fija) deberá ser hecha en el montaje del venteo.

La entrada deberá ser cubierta por un sello de aire cerrado, tal que el aire pueda ser introducido o removido a través de un medidor de desplazamiento positivo calibrado, u otro aceptable de medición.

El equipo necesario para tal prueba se muestra en la Figura 4.10, una curva de fuga puede ser representada, o la fuga a cualquier nivel de presión o vacío puede ser determinada.

El probar paletas o asientos independientemente son resultados falsos, por lo que debe de ser simultaneo, así una prueba completa puede chequear para fugas a través de paletas en condiciones de presión y de vacío, proporcionando resultados más confiables.

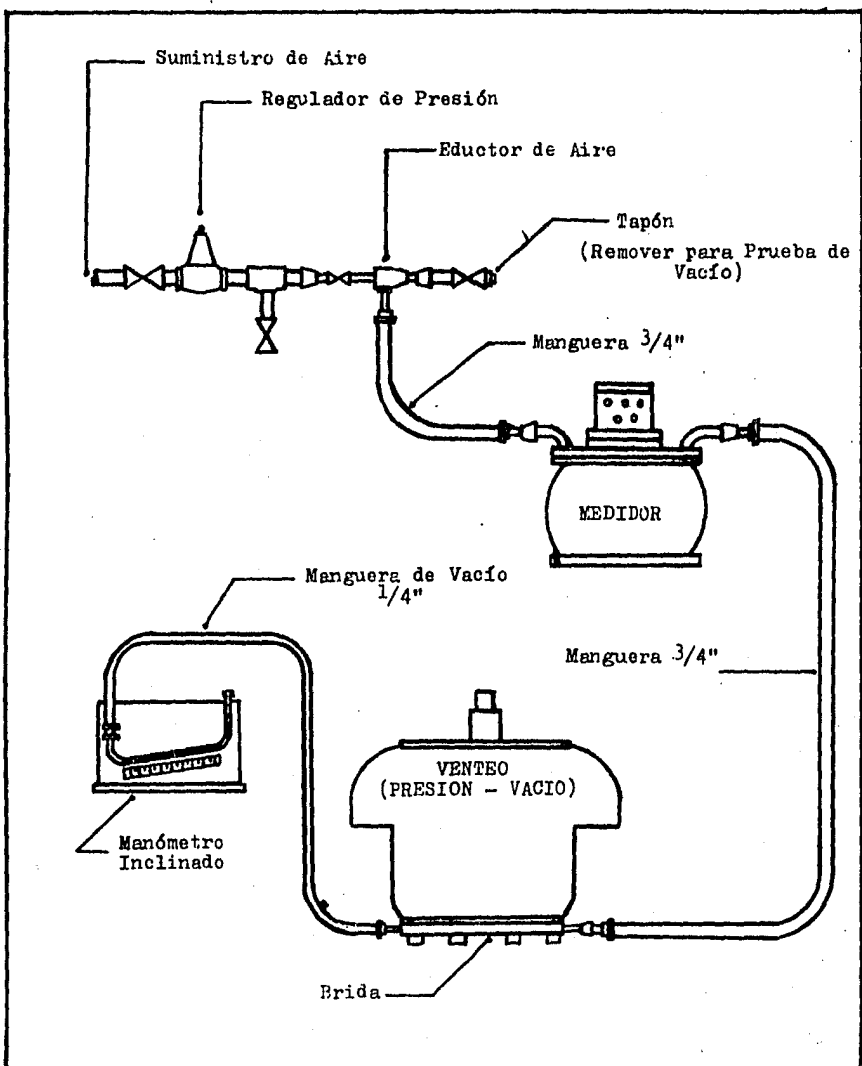
#### 4.5.7 FORMULAS PARA CALCULO DE VENTEO

Ya que las válvulas de conservación de venteo son mecanismos mecánicos que limitan las pérdidas de producto vaporizado a la atmósfera, aquí se hace referencia a variables que afectan los flujos de la válvula requeridos, para proteger al tanque bajo condiciones de requerimiento de relevo de presión o vacío.

Los cálculos de requerimientos de capacidad de flujo de venteo han sido un tema de controversia desde el origen de equipo de conservación.

Sin embargo, muchas compañías han desarrollado fórmulas, cartas y tablas, basadas en experiencia y datos experimentales disponibles para uso de sus propios ingenieros.

En 1939, el Instituto Americano del Petróleo estudió el tema y desarrollo fórmulas generales las cuales pueden ser usadas por la Industria Petrolera. El reporte de éste estudio incluyó con



E.N.E.P "ZARAGOZA"  
U N A M

EQUIPO DE PRUEBA PARA DISPOSITIVOS DE VENTEO

FIG. 4.10

TESIS PROFESIONAL

tribuciones de un gran número de colaboradores, y de aquí después fué derivada la guía que se presenta en el A P I-RP 2000, que finalmente fué aprobada para ser usada plenamente en cualquier cálculo referente a requerimientos de venteos para tanques de baja presión.

Paralelamente las compañías de sistemas de recuperación de vapor iniciaron un estudio detallado, que incluyó análisis y mediciones de tanques en operación, obteniendo como resultado fórmulas de venteo referidas como FORMULAS DE VENTEO "VAREC", las cuales han sido ampliamente usadas desde 1930.

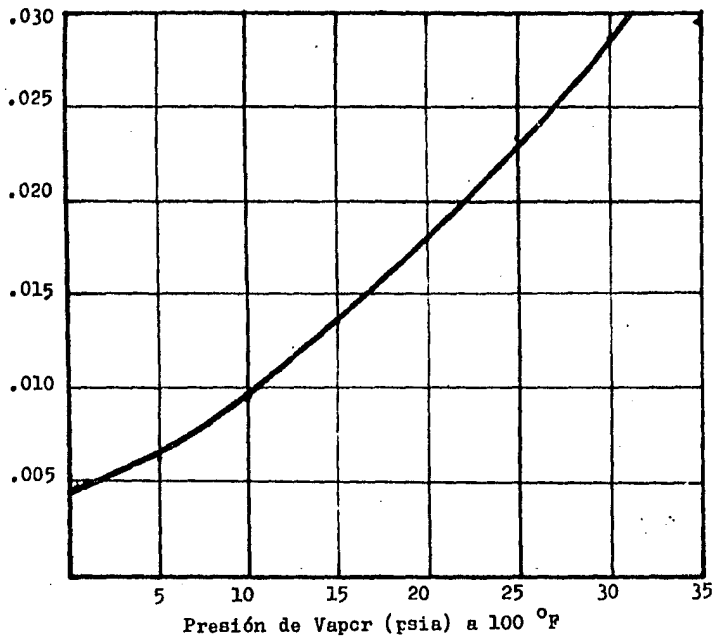
En algunos casos, factores especiales o poco comunes no pueden ser aplicados a las fórmulas A P I, por lo que se hace deseable emplear la fórmula "Varec". Por esta razón son presentadas dichas fórmulas para uso de quienes deseen tomar ventaja en su versatilidad, así como en un cálculo rápido.

Será notado, que variables tales como tamaño del tanque, cambios de temperatura y presión de vapor pueden ser evaluadas así como sean requeridas. Sin embargo ninguna provisión es hecha para compensar la variación de la saturación de producto en el espacio de vapor, y una reserva deberá ser usada si la concentración de vapor varía apreciablemente de 30 pies cúbicos por galón, el cual es usado en la fabricación o preparación de éstas cartas.

Esta fórmulas están establecidas para determinar el requerimiento de venteo, tanto para el lado de presión como para vacío, en productos volátiles y no volátiles.

Asimismo se anexan las cartas y tablas que son útiles en el cálculo de dichos venteos. La Figura 4.11., muestra la Carta de Coeficiente de Exhalación de Vapor. En tanto la Tabla 4.4., muestra los factores de corrección por gravedad específica y temperatura.

( F )



E.N.E.P "ZARAGOZA"  
U N A M

COEFICIENTE DE EXHALACION DE VAPOR F FIG. 4.11

TESIS PROFESIONAL

## 1. PARA TANQUES QUE CONTIENEN PRODUCTOS VOLATILES

a) Lado Presión

$$((A B C + D) E + (D F H J)) G = M$$

b) Lado Vacío

$$(A B C + D) E + (A E K/L) J = N$$

## 2. PARA TANQUES QUE CONTIENEN PRODUCTOS NO VOLATILES

a) Lado Presión

$$(A B C + D) E = M$$

b) Lado Vacío

$$(A B C + D) E = M$$

Donde:

A = Capacidad del Tanque en barriles

B = Coeficiente de Expansión ó Contracción:  $0.002/^{\circ}F$ C = Máximo cambio de Temperatura interna  $^{\circ}F$ 

D = Velocidad de Bombeo en barriles/hora

E = Pies cubicos por barril: 5.6

F = Coeficiente de Exhalación de vapor: Fig. 4.11

G = Factor de Corrección por gravedad específica: Tabla 4.4

H = Galones por barril: 42

J = Pies cubicos de vapor por galón de líquido: 30

K = Saturación de líquido en el vapor: promedio de 0.003 gpcf

L = Factor de Condensación: rango de 2 - 0.5

M = Requerimiento máximo, lado presión en pies<sup>3</sup> de aire equivalente/ horaN = Requerimiento Máximo, lado vacío en pies<sup>3</sup> de aire equivalente/ hora.

GRAVEDAD ESPECIFICA  
DEL GAS

Aire = 1.00

.20	.447
.30	.548
.40	.632
.50	.707
.60	.775
.65	.806
.70	.837
.75	.866
.80	.894
.85	.922
.90	.949
.95	.975
1.00	1.000
1.05	1.025

GRAVEDAD ESPECIFICA  
DEL GAS

Aire = 1.00

1.10	1.050
1.20	1.095
1.30	1.141
1.40	1.185
1.50	1.223
1.60	1.265
1.70	1.305
1.80	1.340
1.90	1.380
2.00	1.412
2.50	1.581
3.00	1.731
3.50	1.870
4.00	2.000

TEMPERATURA  
(°F)

5	1.0575
10	1.0518
15	1.0463
20	1.0408
25	1.0355
30	1.0302
35	1.0249
40	1.0198
45	1.0147
50	1.0098
55	1.0048
60	1.0000
200	.8932
240	.8619
280	.8383
320	.8165
360	.7963
400	.7776

TEMPERATURA  
(°F)

70	.9905
80	.9813
90	.9723
100	.9638
110	.9551
120	.9469
130	.9388
140	.9309
150	.9233
160	.9158
170	.9084
180	.9014
220	.8745
260	.8498
300	.8272
340	.8063
380	.7868
420	.7687

E. N. E. P "ZARAGOZA"

U N A M

FACTOR DE CORRECCION (G) POR GRAVEDAD ESPECIFICA Y TEMPERATURA.

TABLA.  
4.4

TESTIS PROFESIONAL

#### 4.6 SISTEMAS DE RECUPERACION DE VAPOR

Los sistemas de recuperación de vapor colectan el vapor de tanques de almacenamiento y lo envía a la planta de resupera--ción. Estos sistemas tienen controles sensitivos de presión-vacío y remueven el vapor, a presiones producidas durante el bombeo de\_  
descarga, o durante la operación de respiración.

El vapor es colectado, comprimido, y entonces recupera--do por absorción o condensación; con el paso a tanques, sin embar--go, el gas comprimido normalmente es descargado en la planta de -  
extracción del sistema de recuperación.

Un sistema diseñado apropiadamente deberá eliminar la mayoría de\_  
las pérdidas por evaporación, pero por el control de dificultades  
la eficiencia actualmente es algunas veces muy baja.

El gas natural algunas veces es empleado para represuri--zar los espacios de vapor de los tanques, cuando el aire o una --  
atmósfera corrosiva es no deseable en los sistemas de recupera---  
ción de vapor. Los vapores son retirados del tanque como un incre--  
mento de la presión interna, y el gas de represurización es admi--  
tido al tanque cuando el aire normalmente pueda ser atraído.

Algún mecanismo deberá ser adaptado para prevenir el co--  
lapso del tanque, cuando el gas es insuficiente para mantener la\_  
presión en él.

Cuando no es económico diseñar un tanque o un sistema -  
de almacenamiento, para operar a presiones suficientemente altas\_  
como para hacer las pérdidas por evaporación poco importantes, va--  
rios métodos de recuperación pueden ser utilizados.  
Para recuperar el vapor por condensación, uno o una combinación -  
de los siguientes puede ser utilizado:

##### 1. ABSORCION

La absorción puede ser llevada a cabo en un líquido ade--  
cuado de alto peso molecular tal que los vapores puedan ser recu--  
perados. Este combustible rico deberá ser reprocesado si se desea  
separar los vapores absorbidos.



El líquido del cual han sido retirados los vapores también puede ser usado como medio de absorción y entonces el líquido enriquecido puede ser retornado al tanque de almacenamiento -- sin un procesamiento ulterior, el vapor normalmente es absorbido bajo presión.

## 2. COMPRESION DE VAPORES

La compresión de vapores, bajo condiciones de temperatura recomendable condensara parte o todos los vapores.

## 3. ENFRIAMIENTO

El enfriamiento sólo, o en combinación con la compresión puede retornar los vapores al estado líquido.

## 4. ADSORCION

La adsorción en un material recomendable, tal como carbón activado o silica gel, es un medio para coleccionar los vapores hidrocarburos sí, estos han sido mezclados con incondensables -- tal como el aire u otros gases.

Más después el procesamiento por calor removerá los hidrocarburos del material de adsorción; los vapores pueden entonces ser condensados al estado líquido por enfriamiento, para posteriormente retornar al tanque.

### 4.7 PERDIDAS POR EVAPORACION EN LA INDUSTRIA PETROLERA

Las pérdidas por evaporación del crudo y sus productos es un tema que ha estado sujeto y concerniente a la industria petrolera.

Año tras año, las compañías han estudiado problemas específicos de pérdidas y han tomado numerosas medidas para reducir las, tal reducción también ha ayudado a mantener la calidad del producto y fomentar seguridad.

En 1953 el Instituto Americano del Petróleo formó un comité de pérdidas por evaporación, para estudiarlas y proporcionar medidas de control. Cuando los problemas sobre pérdidas son

adecuadamente entendidos las pérdidas serán minimizadas. Las fuentes más comunes de pérdidas por evaporación son:

1. En Sistema de Almacenamiento
  - a) Por respiración
  - b) Por Vaciado
  - c) Por Llenado
  - d) Por Ebullición
2. En Areas de Producción
  - a) Separación gas-aceite
  - b) Tratamiento de Emulsión
3. En Areas de Refinación
  - a) En tratamiento de Recipientes libremente venteados
  - b) En separadores Abiertos

También bajo ciertas condiciones tales como mediciones inadecuadas, muestreos, etc., la rapidez de pérdida por evaporación depende de varios factores, tal como presión de vapor verdadera, los cambios de temperatura que afectan el volúmen del espacio de vapor y por lo tanto la cantidad de respiración.

Como se sabe, para el almacenamiento de petróleo y sus productos, la industria puede elegir el tipo de tanque que más se adapte de acuerdo a sus necesidades como los que se describen en Sistemas de Almacenamiento. Cada diseño tiene características que se pueden emplear de acuerdo a la necesidad de almacenamiento.

Para cada tipo de tanque, el control de las pérdidas depende de los accesorios que deberá tener dicho tanque, tales como válvulas de respiración y medidores automáticos.

Los procedimientos de operación empleados en producción, refinación y almacenamiento son importantes en el control de las pérdidas por evaporación. En la producción, el control de la temperatura en los separadores y en el equipo de tratamiento es muy necesario.

Con todo esto se puede concluir que las pérdidas por evaporación requieren que tenga una atención especial, además de los procedimientos de operación y mantenimiento del equipo, ya que el petróleo es una fuente natural e importante debe ser conservado por todos los medios prácticos.

La reducción de pérdidas por evaporación, en muchos casos, proporciona algún ahorro económico, que sería más representativo para la industria petrolera. Por lo cual, para ser más efectivo, las medidas de conservación deberán estar basadas en conocimientos de fuentes sobre pérdidas, factores que afectan el tamaño de las pérdidas, y medios para su control.

La evaporación de tanques es una fuente común de pérdidas en todas las secciones de la industria pero cada problema de pérdida requiere de análisis individual para determinar que medida de control es la más adecuada.

En seguida se procedera a una discusión un poco más detallada sobre las fuentes de las pérdidas por evaporación en cada una de las diferentes secciones (Almacenamiento, Producción, y Refinación) de la Industria Petrolera, como se aclaró al principio.

#### 4.7.1 FUENTES DE PERDIDA POR EVAPORACION.

La pérdida por evaporación es un proceso natural, en donde un líquido es convertido a vapor y llevado a la atmósfera. El líquido puede estar limitado o no en un contenedor tal como un tanque de almacenamiento. Por definición, las pérdidas por evaporación se presentan sólo cuando los vapores alcanzan la atmósfera.

Como ya se había mencionado, las pérdidas por evaporación son comunes en todas las secciones de la industria petrolera, otras fuentes de pérdida por evaporación asociadas con formas operacionales de cada sección son también consideradas, entre ellas se encuentran las siguientes:

##### a:) Pérdidas en el Almacenamiento:

-Pérdidas por Respiración:- Los vapores expulsados de un tanque por la expansión térmica de vapores existentes, expansión causada por cambio en la presión barométrica, y/o un incremento en la cantidad de vapor por una vaporización adicionada en la ausencia de un cambio de nivel de líquido, excepto que éste resulte de ebullición, está definido pérdidas por respiración.

El término vapor es usado para denotar vapor de hidrocarburos y aire en cualquier mezcla. El término vapor es usado para hidrocarburos en estado gaseoso, independientemente de la presencia o ausencia de aire. Las pérdidas por respiración toman lugar en la mayoría de los tanques, y se presenta cuando los límites de presión o cambios de volumen son excedidos.

Los tanques de techo fijo, denotados ordinariamente como tanques de almacenamiento diseñados para bajas presiones, sufren relativamente grandes pérdidas por respiración. Los tanques protegidos de pérdida o ganancia de calor por recubrimientos reflectivos, aislante, o algún sombreado, experimentan menos pérdidas.

Los tanques a presión que operan a 2.5 psi o más, normalmente experimentan pequeñas pérdidas o a veces no las tienen. Los tanques de espacio de vapor variable, normalmente experimentan pequeñas pérdidas, mientras que los de techo flotante casi eliminan los espacios de vapor, por lo que no se presentan pérdidas, debido a los sellos que poseen éste tipo de tanques.

- Pérdidas por Almacenamiento Permanente:- El vapor de los tanques que resulta de causas diferentes a las de respiración o cambio en el nivel de líquido está definido como pérdida por almacenamiento permanente. Para tanques de techo flotante, la fuente potencial más grande de pérdida es atribuida a una adaptación no propia del sello en el cuerpo. En esta condición, el líquido superficial se expone a la atmósfera, por lo que el viento afecta esta fuente de pérdida. También una pequeña cantidad de vapor puede penetrar a través de la membrana flexible que sella el espacio entre la solera y el techo. La penetración de las membranas flexibles o absorción en sellos líquidos, puede también ser una fuente de pérdida en tanques de espacio de vapor variable. Otra fuente de pérdida por almacenamiento permanente es el escape de vapores en escotillas abiertas u otras entradas, válvulas y accesorios.
- Pérdida por Llenado:- Los vapores expulsados de un tanque como resultado de llenado, sin consideración del mecanismo por el cual los vapores son producidos, está definido como pérdidas por llenado. Esta pérdida es común a todos los tipos de tanques, excepto el de techo flotante y sistemas cerrados de almacenamiento a presión. Esto se presenta cuando la presión interior en el tanque excede la presión de relevo. Para tanques de techo fijo, la presión de relevo es baja por lo tanto, las pérdidas por llenado son relativamente altas. Las pérdidas por llenado de tanques de presión y de espacio de vapor variable son algunas veces menor, por que estos tanques tienen capacidad de almacenamiento de vapor adicionada. Los tanques de presión, también promueven la condensación de vapores de hidrocarburos durante el llenado.
- Pérdidas por Vaciado:- Los vapores expulsados de un tanque después de que el líquido es removido está definido como pérdidas por vaciado. Por la vaporización posterior a la expansión del espacio de vapor durante tal drenado, la presión parcial de los vapores disminuye. Aunque el aire entra durante el drenado para mantener la presión total a la presión atmosférica. Cuando sucede o se presenta la vaporización el volumen de vapor excede la capacidad del espacio de vapor. Este aumento en el volumen de vapor causa la expulsión y con ello la pérdida.

Las pérdidas por vaciado son comunes en todos los tipos de tanques, excepto en el de techo flotante y sistemas cerrados y a presión. Los tanques de techo fijo son más vulnerables a estas pérdidas, mientras que los de a presión y de espacio de vapor variable, están menos sujetos a pérdidas, pero ésta se puede presentar si la capacidad de vapor es excedida.

- Pérdidas por Humedad:- La vaporización de líquido por una pared húmeda del tanque, expuesta cuando un techo flotante es descendido por drenado del líquido, está definido como pérdida por humedad, siendo esta mínima.
- Pérdidas por Ebullición:- Los vapores expulsados de un tanque como resultado de la ebullición del líquido está arbitrariamente definido como pérdidas por ebullición. Estas pérdidas pueden ocurrir en cualquier tanque, siendo el de techo fijo el más vulnerable, debido a que el calor es rápidamente conducido a través del techo directamente al líquido, ya que no existe capacidad de almacenamiento de vapor.

**b.) Pérdidas en Producción:**

El proceso de producción vincula tres operaciones, las cuales contribuyen a pérdidas por evaporación:

- Separación Gas-Aceite.
- Tratamiento de Emulsiones.
- Operación de Traslado a Tanques.

En un sistema de recuperación, los butanos y pentanos no pueden ser completamente extraídos del gas y pueden ser perdidos.

Una verdadera pérdida por evaporación, se presenta cuando el gas es venteado o llevado a quemador. En el tratamiento de emulsiones, el calor es aplicado y los vapores liberados pueden ser venteados. En las operaciones de traslado a tanques, los movimientos de salpicado pueden presentarse cuando el aceite es introducido, como consecuencia las pérdidas por evaporación son aceleradas.

**c.) Pérdidas en Refinación:**

La refinación implica operaciones que son fuentes de pérdidas por evaporación, por ejemplo, en el uso de aire y agitación se presentan altas pérdidas en los recipientes que no son parte de un siste

ma cerrado. Tal como es el caso de endulzamiento de naftas.

Los sistemas a presión, común en las refinerías y plantas de extracción de gasolina natural, pueden tener fuentes de pérdidas por evaporación, debido a fugas en el intercambio de válvulas y accesorios.

Por otro lado, fugas externas e internas de aire, tal como en la succión de una bomba, son fuentes de pérdidas debido a que este aire parece estar parcialmente saturado antes del venteo.

El sistema de alcantarillado, estanques y separadores abiertos son también fuentes de pérdidas, si los líquidos volátiles se llevan hasta ellos.

#### 4.7.2 FACTORES QUE AFECTAN LAS PERDIDAS POR EVAPORACION.

La cantidad total de las pérdidas por evaporación dependen de la rapidez de pérdida y el período de tiempo involucrado.

Los factores primarios que afectan la rapidez de pérdida son:

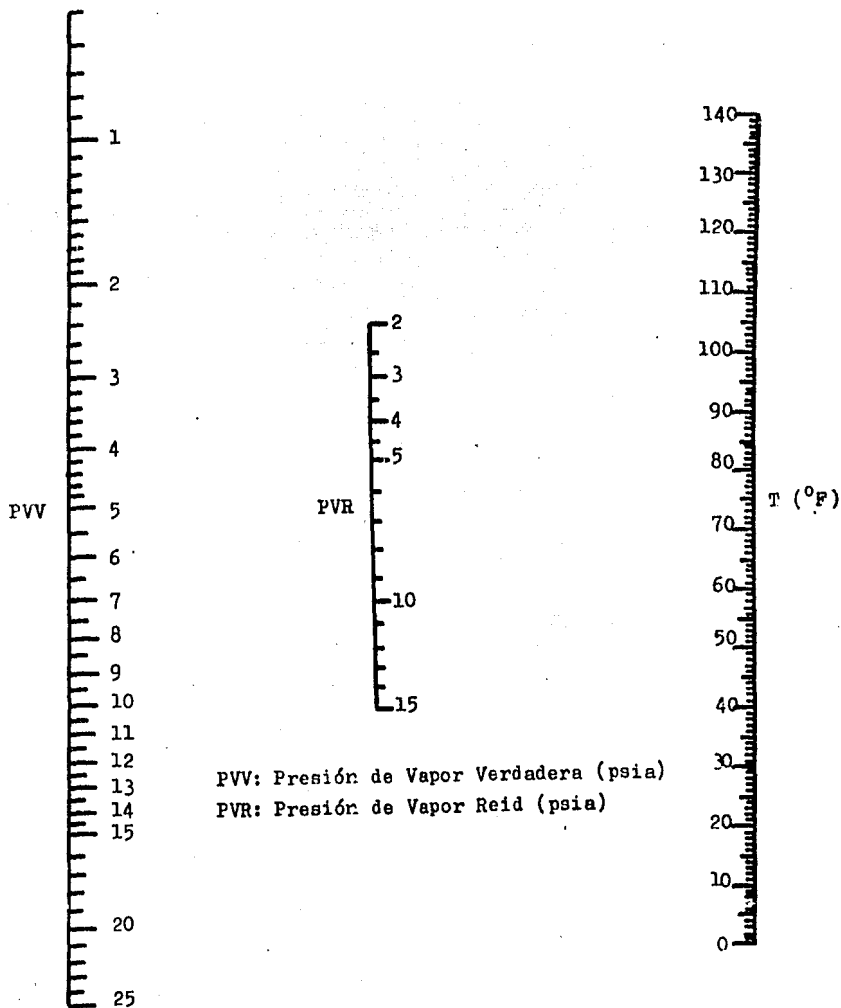
a:) Presión de Vapor Verdadera del Líquido:

Este factor varía con la composición y la temperatura. Para mezclas de hidrocarburos, esta presión disminuye con la evaporación por el cambio de la composición en el líquido. La presión de vapor verdadera es determinada a partir de la Presión de Vapor Reid, por medio de nomogramas, como los que se dan en las Figuras 4.12 y 4.13 .

La experiencia muestra que los vapores venteados durante una respiración normal, estarán del 80 al 90% saturados. Por lo que, tanto la consideración de saturación como la de difusión y convección, sugiere que la pérdida sea directamente proporcional al aumento de la presión de vapor verdadera. Las pérdidas por llenado y vaciado de los tanques de techo fijo, también son proporcionales en forma directa al aumento de la presión de vapor verdadera, por la relación que existe entre la presión verdadera y la concentración de saturación.

b:) Cambios de Temperatura en el Tanque:

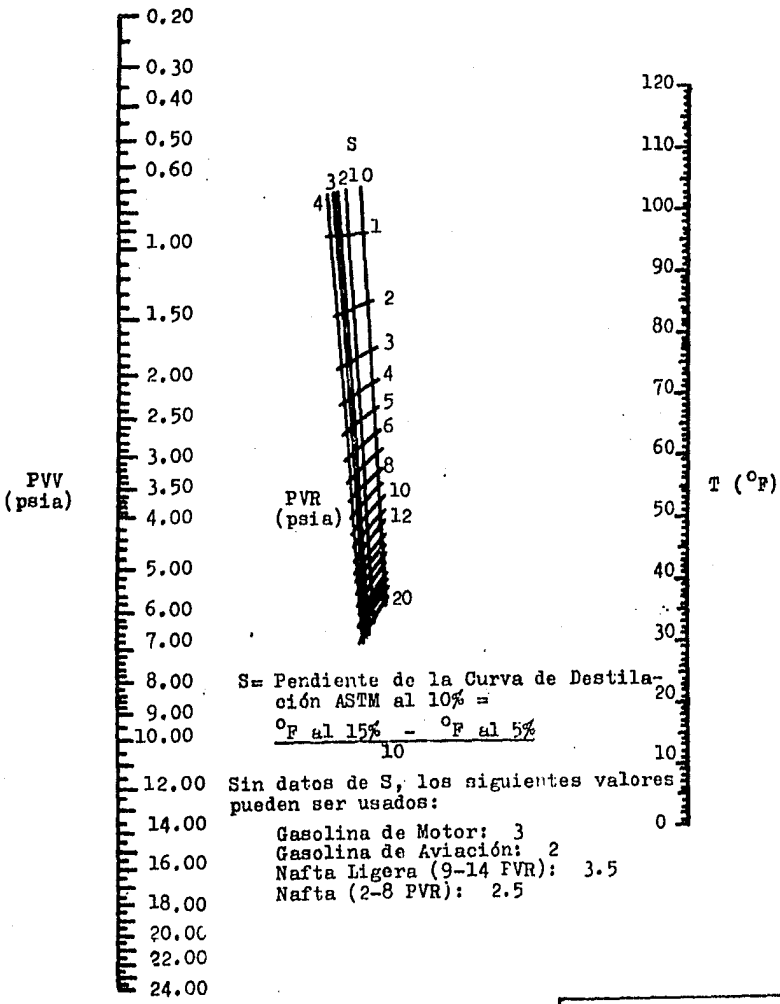
Durante el día, el calor a través del techo y las paredes superiores aumentan la temperatura del vapor expandiendo su volumen, y con ello el espacio de vapor tiende a la respiración.



PVV: Presión de Vapor Verdadera (psia)  
 PVR: Presión de Vapor Reid (psia)

		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
PRESIONES DE VAPOR PARA CRUDO	FIG. 4.12	TESIS PROFESIONAL





E.N.E.P "ZARAGOZA"	
U N A M	
PRESION DE VAPOR DE GASOLINAS Y PRODUCTOS DE PETROLEO TERMINADOS.	FIG. 4.13 TESIS PROFESIONAL

El efecto térmico es incrementado por la vaporización de hidrocarburos contenidos en el tanque durante el mismo período. El calor de entrada también puede aumentar la temperatura superficial y acelerar la vaporización. En cambio por la noche, el proceso se invierte, contrayendo los vapores causando una toma de aire.

El calor solar también puede provocar la convección forzada en el espacio de vapor, el cual provoca evaporación de la superficie del líquido y ayuda en la dispersión del vapor hidrocarburo. Aunque se han hecho esfuerzos para desarrollar criterios más precisos se tiene que, el cambio promedio diario en la temperatura atmosférica es solamente aceptado como una forma para caracterizar los efectos del calor solar. Las consideraciones teóricas no permiten realizar una buena estimación, de cuanta pérdida aumentará con el incremento en los cambios de temperatura ambiental.

c.) Salida del Tanque o Descarga:

El volúmen de la mayoría de los espacios de vapor, es directamente proporcional a la altura del mismo. Para un tanque de techo fijo, la salida más elevada significa pérdidas más grandes, ya que el volumen más grande respirará más. Sin embargo, cuando la salida es incrementada por el calor de entrada, ésta es aumentada en proporción directa. El calor entra al espacio de vapor a través de la pared del tanque, área que aumenta en proporción directa, y a través del techo del tanque, área que permanece sin cambio alguno.

Con una altura adicionada al espacio de vapor, la resistencia para transferir vapores hidrocarburos de la superficie del líquido al venteo aumenta, por lo tanto, la concentración promedio de hidrocarburos en los vapores venteados deberá disminuir.

d.) Diámetro del Tanque:

El diámetro del tanque influye en el volumen del espacio de vapor y las condiciones de la superficie del líquido. La respiración es menor que el incremento en el volumen de vapor, por el hecho de que es menor el área de transferencia de calor en el espacio de vapor. Además el incremento en el diámetro deberá reducir un aumento en la temperatura de la superficie del líquido en contacto con la pared del tanque.

e:) Períodos de Llenado y Vaciado del Tanque:

El tiempo de intervalo entre vaciado y llenado puede tener un efecto significativo en las pérdidas. Para un sistema de tanques conectados con líneas de vapor, cuando el llenado de un tanque y el vaciado de otro simultáneamente se efectúa, se mantiene la capacidad de almacenamiento de vapor relativamente constante y las pérdidas se reducen.

f:) Condiciones del Tanque:

Las condiciones del tanque constituye otro factor que afecta la rapidez de pérdida, sin embargo los efectos cuantitativos no se pueden predecir. Los vientos proporcionan altas pérdidas cuando vientos tempestuosos o turbulentos causan cambios rápidos de la presión en los tanques. Una respiración rápida se presenta, como un resoplido corto y cualquier hueco en el techo, diafragma, sello u otro accesorio provoca el mismo tipo de pérdidas.

Donde hay dos o más entradas en el tanque, las pérdidas son incrementadas. Las diferencias de presión que resultan por efecto del viento, provocan un flujo constante de aire a través de algunas entradas dentro del espacio de vapor y una salida de flujo a través de otras.

g:) Tipo de Tanque:

El tipo de tanque o sistema de almacenamiento afectará las pérdidas por evaporación cien por ciento experimentadas. La cantidad de las pérdidas depende del volumen del espacio de vapor disponible y las limitaciones de la presión del equipo.

Si los tanques tienen sus espacios de vapor interconectados, el volumen del espacio de vapor puede ser controlado a un tamaño limitado por programación de llenado y vaciado, donde sea posible.

Si el espacio de vapor es permitido para cambios de volumen a presión constante, las pérdidas por respiración pueden ser prácticamente eliminadas y las pérdidas por llenado pueden ser reducidas. La magnitud de la reducción en las pérdidas es dependiente de la cantidad del espacio de vapor variable provisto.

#### 4.7.3 TANQUES Y EQUIPO PARA CONTROL DE PERDIDAS POR EVAPORACION.

Cada tipo de tanque está diseñado para requerimientos de almacenamiento específicos, por ello cuando se tiene el caso de selección es recomendable hacer un estudio detallado, comparando las pérdidas y el costo de diferentes tanques. Por ejemplo, para suministro o abastecimiento que tiene baja presión, menos de 2 psia, el tanque de techo fijo generalmente será la selección más económica.

Para mantener una hermeticidad del techo, se deberá proporcionar accesorios de un diseño especial para entradas de venteo, medición y muestreo. Los accesorios para las entradas del venteo están conformados por válvulas de respiración. Cuando opera apropiadamente este dispositivo previene ya sea el flujo de entrada de aire o el escape de vapores, hasta que se presente algún vacío o presión dentro del tanque.

La mayoría de las válvulas de respiración, especialmente las de tipo metal-metal, permiten fuga abajo de la presión o vacío de ajuste. Estos dispositivos también contribuyen a una operación segura para mantener el venteo del tanque cerrado a la atmósfera la mayor parte del tiempo. Los ajuste de presión y vacío de una válvula de respiración, dictaminada por las características estructurales del tanque deberán estar dentro de los límites de operación segura.

El tamaño propio y ajuste es determinado de acuerdo al A P I RP-2000 y por datos de fabricante, determinados conforme a esta publicación. La presión de ajuste para válvulas de venteo a ser instaladas en tanques grandes, construidos de acuerdo al A P I 12D, normalmente está limitada para 0.5 oz. por lo que los platos del techo se levantan cuando la presión aumenta arriba de 1 oz.

Para tanques pequeños tienen formas de estructuras especiales, y el rango de presión puede ser incrementado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Las válvulas de respiración deberán estar diseñadas para dar:

- 1:) Una alta capacidad de flujo a una presión relativamente pequeña o vacío arriba de la de ajuste.

- 2:) Un sello de hermeticidad.
- 3:) Facilidad de acceso a todas las partes, para inspección y mantenimiento.

Los accesorios de venteo algunas veces empleados, tal como arrestadores de flama y mamparas de flash, tienen normalmente un efecto pequeño en las pérdidas de vapor, excepto cuando son instalados entre el tanque y la válvula de venteo.

Alguna pérdida de vapor es inherente en la medición y muestreo de líquidos, debido a que estas operaciones se ejecutan frecuentemente, poniendo en contacto el interior del tanque con la atmósfera. Estas pérdidas pueden ser reducidas a través del uso de equipos automáticos de medición, y otros accesorios tales como:

- a:) Escotillas con tubo muestreador y válvulas con línea de venteo.
- b:) Válvulas de cerrado automático en la línea igualadora, las cuales cierran cuando la escotilla de medición es abierta.

#### 4.7.4 OTROS MEDIOS PARA CONTROL DE PERDIDAS.

Entre los medios más empleados para controlar las pérdidas por evaporación, podemos mencionar los siguientes:

##### a:) Agua Espreada:

El agua atomizada puede causar enfriamiento debido a la absorción de calor para la vaporización de ésta misma.

##### b:) Enfriamiento Mecánico:

Por este medio de control, los serpentines de enfriamiento o unidades de refrigeración son usados para reducir el efecto de calor de entrada. Esta técnica es empleada principalmente para condensación de vapores.

##### c:) Almacenamiento abajo del Nivel del Piso:

En el almacenamiento enterrado, el medio (la tierra u otro), elimina la absorción o emisión de energía radiante. Los efectos de respiración por lo tanto son significativamente reducidos. Se debe considerar que los tanques enterrados no estén próximos a líneas calientes.

d:) Programación de Llenado y Vaciado:

Las pérdidas por respiración pueden ser minimizadas cuando las condiciones permitan coordinar tanto el llenado, como el vaciado de tanques con el ciclo de respiración día a día, o con la frecuencia que más se pueda efectuar. Esto es llevado a cabo para llenado durante un período normal de "inhalación" y para vaciado durante un período normal de "exhalación".

La inhalación normalmente empieza cuando el tanque se enfría por la tarde, y la exhalación normalmente empieza cuando el tanque se calienta por la mañana.

El bombeo de los tanques deberá ser programado para mantener un promedio mínimo de descarga. Si el suministro volátil acumula en exceso, es entonces necesario emplear un medio para evitar su pérdida, como lo podría ser el empleo de agua espreada.

Otro medio para minimizar el promedio de descarga, es llenar un tanque tan pronto como sea posible después del vaciado. Este procedimiento también tiende a reducir las pérdidas por llenado. Inmediatamente después de que el tanque es vaciado, el espacio de vapor es apoyado en los hidrocarburos líquidos.

Las pérdidas por llenado de los tanques a presión pueden ser reducidas, por control de la rapidez de llenado para evitar que se presente sobrepresión, esto permite tiempo para condensación del vapor y el equilibrio es mantenido. Si el calor de condensación no puede ser disipado tan rápido como la condensación se presente, un aumento en la temperatura resultará en una presión interna alta.

C A P I T U L O V

CRITERIOS DE SELECCION DE DISPOSITIVOS DE VENTEO

## CRITERIOS DE SELECCION DE DISPOSITIVOS DE VENTEO

---

Quando se hace la selección y especificación de un venteo para una operación correcta en cualquier tanque, es importante tener en mente que el venteo deberá llevar a cabo dos funciones principales y son:

1. Que opere como un Dispositivo de Seguridad
2. Que opere como un Dispositivo de Conservación

La consideración de estas dos funciones no pueden cargarse a una conclusión común respecto al equipo de venteo requerido. Frecuentemente es necesario ubicar la prioridad de una de las dos, y cuando tal es el caso de necesidad, la prioridad deberá ir orientada hacia la seguridad.

El peligro de posible pérdida humana y la inevitable propensión de peligro que resulta de las salidas de los venteos no deja alternativa de elección. Esto significa también que, cuando las válvulas de conservación (en lugar de venteos abiertos) son usados en tanques que contienen líquidos volátiles, representan a lo mismo, una probabilidad de riesgo en cuanto a su descarga. Pero, definitivamente que el ahorro resultante de la reducción de pérdidas por evaporación al emplear este tipo de válvulas es más evidente que con venteos abiertos.

La mejor selección que se puede lograr del equipo más recomendable, para desarrollar cualquier tarea en la operación del sistema de almacenamiento, se puede obtener partiendo de alguna información que es básica y primordial para tal selección.

Esta información se proporciona tanto para el tanque así como para el líquido contenido en él, y es la siguiente:

1. El Tanque es Horizontal o Vertical
2. El Tanque está al nivel del Piso o Enterrado
3. Capacidad del Tanque
4. Diámetro y Longitud del Tanque (tanque horizontal)
5. Diámetro y Altura del Tanque (tanque vertical)



6. Presión y Vacío a la que el Tanque se someterá
7. Diámetros de las Líneas de entrada y salida del Tanque
8. Máxima Rápidez de llenado y vaciado del Tanque
9. Contenido del Tanque
  - a) Punto Flash
  - b) Presión de Vapor Verdadera o Presión de Vapor Reid (PVR)
  - c) Gravedad Específica
  - d) Peso Molecular
  - e) Densidad
10. Si el Contenido es Volátil o No Volátil

Los principios presentados en el equipo anterior en la parte de pérdidas por evaporación son importantes por que ayudan para la selección de estos venteos por la definición de factores a ser considerados.

G A P I T U L O VI

A P L I C A C I O N

## A P L I C A C I O N

La aplicación del presente trabajo se contempla dentro de la realidad, ya que tuvo lugar en la Refinería de PEMEX, ubicada en Salina Cruz, Oax., en el Sistema de Almacenamiento de Gasolinas Terminadas, por lo que hace que sea 100% objetivo.

A lo largo de períodos recientes (desde 1983), se han venido suscitando accidentes, y estos no son debidos completamente a defectos o fallas en la construcción de los tanques y accesorios, sino también a un deficiente e inadecuado sistema de venteo.

### 6.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

#### Reparación del Tanque TK-217:

La reparación general de este tanque se realizará lo más pronto posible, habiendo sido necesario, debido a las graves deformaciones sufridas por la envolvente o cuerpo, en cuatro zonas de tamaño considerable, en donde además hubo fractura de la soldadura de unión entre la cúpula y el anillo de la envolvente. Otra de las razones fué el estado de la cúpula, la cual se encontró con severos flexionamientos en la mayor parte de sus lienzos.

Las deformaciones se atribuyen a un régimen de succión muy elevado, que hizo que la válvula de "respiración" - venteo fuera insuficiente para admitir el volumen equivalente de aire requerido. La Sección de Bombeo comenta que el tanque sufrió el colapso durante la operación de descarga. Se calcularán la o las válvulas necesarias para las condiciones más críticas de bombeo y recibo a que puede estar sujeto el tanque durante su operación en el servicio a que está destinado. Existe el antecedente de que el tanque estuvo operando con una unidad Arrestador-Válvula de 10" de diámetro, lo cual desde cualquier punto de vista resultó inconveniente.

## 6.2 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.

:: Tanque TK-217.

Altura de la Envolvente : 9.703 m  
 Diámetro : 34.697 m  
 Factor : 59.48 Bls/cm

:: Productos Almacenados.

a) Gasolmex

b) Supermexolina

:: Tipo de Unión Techo-Cuerpo : Débil, Calibre 7.

Tal como se presentó en el Capítulo IV, este tipo de tanque no requiere de venteo de emergencia, por lo que no se calculará este requerimiento, sólo el normal.

## 6.3 PROPIEDADES FISICAS DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS.

<u>PROPIEDAD</u>	<u>GASOLMEX</u>	<u>SUPERMEXOLINA</u>	<u>FUENTE</u>
Temp. Ebullición			
10%	129.2 °F	127.4 °F	Lab. Control
50%	230.0 "	197.6 "	"
70%	298.4 "	257.0 "	"
90%	381.2 "	323.0 "	"
Gr. Específica Líquido.	0.730	0.705	"
°API	61.3	68.1	"
Gr. Específica Vapores.	3.23	3.125	Calculadas
A = 1.0			
Peso Molecular	93.0	90.0	Literatura
Presión de Vapor a 100 °F	9.0 psia	9.0 psia	Lab. Control

#### 6.4 CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE VENTEO.

Este cálculo emplea las fórmulas de venteo del Manual Varec, debido a que en centros de trabajo como al que estamos refiriendo el problema, todos o al menos la mayoría de los ingenieros las emplean con más frecuencia. Estas fórmulas se detallaron en el Capítulo IV.

a) Lado Presión:

$$M = G (( A B C + D ) E + ( D F H J ))$$

b) Lado Vacío:

$$N = J ( A E K / L ) + ( A B C + D ) E$$

Donde:

A = Capacidad del Tanque en Bls

B = Coeficiente de Expansión o Contracción por  $^{\circ}F = 0.002$

C = Máximo Cambio de Temperatura en  $^{\circ}F$ .

D = Velocidad de Bombeo y Recibo en Bls/hr.

E = Pies cúbicos/Barril = 5.6

F = Coeficiente de Exhalación de Vapor. De Carta 1 con PVR.

G = Factor de Corrección por Gravedad Específica a Aire Equivalente.

H = Galones/Barril = 42

J = Pies cúbicos de vapor/Galón de líquido.

K = Saturación del Líquido en el Vapor =  $0.003 \text{ Gal/pie}^3$ .

L = Factor de Condensación = 2.0

CASO I : TANQUE OPERANDO CON GASOLMEXDATOS:

A = Altura de la Envolvente (Factor)

$$= 970.3 \text{ cm (59.48 Bls/cm)} = \underline{57\ 713.44 \text{ Bls}}$$

$$B = \underline{0.002 \text{ } ^\circ\text{F}^{-1}}$$

$$C = \underline{40 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

D = 6 000 Bls/hr (Recibo Máximo, Lado Presión)= 7 000 Bls/hr (Descarga Máxima, Lado Vacío)

$$E = \underline{5.6 \text{ pie}^3/\text{B}}$$

F = 0.0085 (Carta 4.1, con PVR = 9.0 psia)

$$G = \frac{PM_{\text{vap.}}}{PM_{\text{aire}}} = 93/28 = 3.23 \text{ De la Tabla 4.2 } G = \underline{1.795}$$

$$H = \underline{42 \text{ Gal/B}}$$

$$J = 379.5 \left( \frac{1}{PM_{\text{vap.}}} \right) = 379.5(6.086 \text{ lb/Gal} / 93) = \underline{24.83 \text{ pie}^3_{\text{vap}}}$$

Gal liq

$$K = \underline{0.003 \text{ Gal/pie}^3}$$

$$L = \underline{2.0}$$

CALCULO:

Lado Presión:

$$M = 1.795((57\ 713.44)(0.002)(40) + 6\ 000)5.6 +$$

$$(6\ 000)(0.0085)(42)(24.83)) = \underline{202\ 191.46 \text{ pie}^3 \text{ de Aire Equivalente}}$$

hr

Lado Vacío:

$$N = 24.83((57\ 713.44)(5.6)(0.003)/2) + ((57\ 713.44)(0.002)(40) +$$

$$7\ 000)5.6 = \underline{77\ 093.03 \text{ pie}^3 \text{ de Aire Equivalente}}$$

hr

CASO II : TANQUE OPERANDO CON SUPERMEXOLINADATOS:

A = Altura de la Envolvente (Factor)

$$= 970.3 \text{ cm } (59.48 \text{ Bls/cm}) = \underline{57\ 713.44 \text{ Bls}}$$

$$B = \underline{0.002} \text{ } ^{\circ}\text{F}^{-1}$$

$$C = \underline{40} \text{ } ^{\circ}\text{F}$$

D = 6 000 Bls/hr (Recibo Máximo, Lado Presión)= 7 000 Bls/hr (Descarga Máxima, Lado Vacío)

$$E = \underline{5.6 \text{ pie}^3/\text{B}}$$

F = 0.0085 (Carta 4.1, con PVR = 9.0 psia)

$$G = \text{PM}_{\text{vap.}} / \text{PM}_{\text{aire}} = 90/28 = 3.125 \text{ De Tabla 4.2 } G = \underline{1.765}$$

$$H = \underline{42 \text{ Gal/B}}$$

$$J = 379.5 \left( \frac{1}{\text{PM}_{\text{vap.}}} \right) = 379.5 (5.877 \text{ lb/Gal} / 90) = \underline{24.78 \text{ pie}^3 \text{ vap}}$$

Gal liq.

$$K = \underline{0.003 \text{ Gal/pie}^3}$$

$$L = \underline{2.0}$$

CALCULO:

Lado Presión:

$$M = 1.765((57\ 713.44)(0.002)(40) + 6\ 000)5.6 + \\ (6\ 000)(0.0085)(42)(24.78) = \underline{198\ 623.18 \text{ pie}^3 \text{ de Aire Equivalente}}$$

hr

Lado Vacío:

$$N = 24.78((57\ 713.44)(5.6)(0.003/2)) + ((57\ 713.44)(0.002)(40) + \\ 7\ 000)5.6 = \underline{77\ 068.79 \text{ pie}^3 \text{ de Aire Equivalente}}$$

hr

## 6.5 SELECCION DE LAS VALVULAS.

Antes de seleccionar las válvulas de acuerdo al Manual Varec, se harán las consideraciones necesarias para fijar las condiciones de operación máximas permisibles (presión-vacío) a las cuales estará sujeto el tanque.

- 1:) La presión en el interior de un tanque no debe exceder el peso muerto de la cúpula. Normalmente las cúpulas se construyen con láminas Calibre 7 (3/16") ó Calibre 3 (1/4"). Así:

Calibre 7 (3/16")

Espesor 0.1875"

Peso 765.0

Presión 0.850 oz/pulg<sup>2</sup>.

- 2:) El boletín No. 13723 de Prevención de Pérdidas de la Factory Mutual Engineering Division, establece que la máxima presión negativa permisible para tanques verticales de cúpula cónica, construida con lámina Calibre 7, debe ser aproximadamente 1.0 oz/pulg<sup>2</sup>. Por lo tanto las válvulas de venteo para estos tanques deberán dimensionarse y fijarse, a la presión y vacío que deben operar, de tal manera que se obtengan los requerimientos máximos normales de desfogue y aspiración dentro de estas limitaciones.

Cuando se almacenan productos con presiones de vapor bajas, la construcción de la mayoría de los tanques es tal, que las válvulas de venteo deberán abrir a no más de 1/2 oz/pulg<sup>2</sup> de presión y vacío.

- 3:) Para la selección se considera el tanque operando con Gasolmex, dado que en un sistema que opera con dos productos, se tiene que escoger los requerimientos para presión y vacío de magnitud mayor. Por lo que se tiene:

Presión:  $M = 202\ 191.46 \frac{\text{pie}^3 \text{ Aire Equiv.}}{\text{hr}}$

Vacío:  $N = 77\ 093.03 \frac{\text{pie}^3 \text{ Aire Equiv.}}{\text{hr}}$



Y debido a esto:

-Lámina Calibre 7 (3/16")

-Presión Máxima Permisible: 0.850 oz/pulg<sup>2</sup>

-Vacío Máximo Permisible: 1.0 oz/pulg<sup>2</sup>

-Presión de Ajuste Válvula: 1/2 oz/pulg<sup>2</sup> (presión-vacío)

a) Con Manual "VAREC"

<u>DIAMETRO DE VALVULA</u> (pulg)	<u>LADO PRESION</u> pie <sup>3</sup> Aire/hr	<u>LADO VACIO</u> pie <sup>3</sup> Aire/hr
10	55 000	47 000
12	70 000	75 000

Empleando 4 de 10" .....	220 000	190 000
Están sobradas por: .....	18 809	112 907
Empleando 3 de 12" .....	210 000	225 000
Están sobradas por: .....	8 809	147 913

Como puede verse en ambos casos se satisface el requerimiento - de presión con una holgura razonable, en tanto que el vacío que da excedido exageradamente.

b) Con Manual "GROTH VENTING"

<u>DIAMETRO DE VALVULA</u> (pulg)	<u>LADO PRESION</u> pie <sup>3</sup> Aire/hr	<u>LADO VACIO</u> pie <sup>3</sup> Aire/hr
10	60 000	80 000
12	88 000	120 000

Empleando 4 de 10".....	240 000	320 000
Están sobradas por:.....	37 808	242 907
Empleando 3 de 12".....	264 000	360 000
Están sobradas por:.....	61 809	283 907

Al igual que en el caso anterior, las capacidades también son - excedidas, por lo que puede emplearse cualquier modelo de alguno de estos dos manuales.

C A P I T U L O VII

---

C O N C L U S I O N E S

CONCLUSIONES

---

Como es de esperarse en todo trabajo que se haya elaborado bajo ciertos objetivos, resulta obvio que se tiene que concluir, o bien, quedar de acuerdo a los logros alcanzados en él.

Y ya que éste no es la excepción se mencionarán algunas conclusiones tanto del desarrollo del trabajo así como de los resultados obtenidos en su aplicación.

- a) De acuerdo al desarrollo de cada uno de los objetivos, se recalco la importancia que tienen estos dispositivos en cuanto a seguridad principalmente.
- b) Respecto a los sistemas de Almacenamiento se observo que estos dispositivos, aplican solamente a tanques de techo Fijo a baja presión y no a todos los que se puedan presentar en Sistemas de Almacenamiento.
- c) Entre la diversidad que existe en los dispositivos de Venteo, - (según capítulo IV) se sabe que los hay tanto para un venteo -- normal como uno de emergencia. Pero para un venteo de emergencia puede usarse una cantidad extra de los dispositivos que para un venteo normal, por lo tanto, en lo único que difiere de -- uno y otro es en el uso de escotillas y cubiertas que se em--- plean para un venteo de emergencia siendo que para un venteo -- normal estas no pueden aplicar.
- d) Cuando se presenta el caso en donde un sistema de almacenamiento ya se encuentran fijos o adaptados los dispositivos de venteo en los tanques, la única variable que se puede controlar para un almacenamiento seguro puede ser provisto por el cálculo de la presión de almacenamiento en ese sistema, la cual es calculada según en "asientos de venteo" (capítulo IV).

Esta situación es muy comun que se presente en las - Plantas de Proceso, ya que en la compra que se realiza de Tanques los proveedores los proporcionan en forma de paquetes, los cuales vienen ya integrados con dichos dispositivos.
- e) El ventec de emergencia, como se vio, sólo podrá ser provisto -

siempre y cuando el tipo de unión que exista en el tanque entre techo-cuerpo sea débil y cuando sea factible de exposición al fuego.

Pero como la mayoría de estos tanques, están contruidos con esta forma según A P I - 650, este venteo muy pocas veces es requerido.

- f) Los sistemas de Recuperación de Vapor, están diseñados para evitar pérdida de producto, pero actualmente aún no se aplica ampliamente en los sistemas de almacenamiento de las plantas de proceso (en donde tiene más uso, es en los contenedores de capacidad pequeña).
- g) Con la determinación de requerimientos de venteo para el problema de aplicación, se puede deducir que, determinada la capacidad de venteo tanto para lado de presión como de vacío, se pueden emplear los diversos manuales o catálogos de fabricante siempre y cuando, el requerimiento sea cubierto con una holgura razonable. Ya que sí se presenta el caso en que alguno de los lados sea exageradamente excedida, no importa mientras sea cubierto el requerimiento de venteo.

C A P I T U L O V I I I

B I B L I O G R A F I A

B I B L I O G R A F I A

---

## I TEXTOS

- 1) "Applied Process Design for Chemical & Petrochemical Plants"  
Ludwig E. Ernest  
Ed. Gulf Publishing Company  
Vol. 1, 2nd ed.
- 2) "Applied Instrumentation in The Process Industries"  
W.G. Andrew, H.B. Williams  
Ed. Gulf Publishing Company  
Vol. 1, 2nd ed., 1979
- 3) "Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso"  
H.F. Rase & M.H. Barrow  
Ed. C E C S A, 6a. ed.  
1979
- 4) "Chemical Engineers Handbook"  
Perry & Chilton  
Ed. Mc. Graw-Hill, 9th. ed.
- 5) "Fire Protection Manual for Hydrocarbon Processing Plants"  
Vervalin H. Charles  
Ed. Gulf Publishing Company, Book Division  
2nd ed., Houston 1973

## II MANUALES Y CODIGOS

- 6) Manual de Venteo "VAREC"  
Varec, Co.
- 7) Manual Protectoseal  
Engineering & Manufacturing Vapor Control and Fire Prevention  
Equipment"
- 8) Manual "GROTH VENTING"  
Venting Equipment & Flame Arresters

- 9) "Storage, Handling and Use of Flammable Liquids"  
National Fire Protection Association  
No. 30-L N F P A  
Boston, Mass. 1977
- 10) "Storage and Handling of Petroleum Liquids"  
National Fire Protection Association  
N F P A
- 11) "Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks"  
A P I - RP 2000  
3rd ed. American Petroleum Institute, 1982
- 12) "Recommended Rules for Design and Construction of Large,  
Welded Low- Pressure Storage Tanks"  
A P I - Standard 620  
6th ed. American Petroleum Institute, 1978  
Section 6, Appendix Q
- 13) "Evaporation Loss From External Floating-Roof Tanks"  
A P I - 2517  
American Petroleum Institute
- 14) "Use of Pressure-Vacuum Vent Valves for Atmospheric  
Pressure Tanks to Reduce Evaporation Loss"  
A P I - 2521  
American Petroleum Institute
- 15) "Evaporation Loss From Fixed-Roof Tanks"  
A P I - 2518  
American Petroleum Institute
- 16) "Flame Arresters in Piping Systems"  
A P I - 2028  
American Petroleum Institute
- 17) "Protección Contra Incendio en las Refinerías"  
U/C1/3, I M P

- 18) "Recomendaciones para el Uso, Manejo y Almacenamiento de pequeñas Cantidades de Productos Inflamables"  
PEMEX  
Boletín de Seguridad Industrial No. 14, 2a. ed.  
México 1974
- 19) "Recomendaciones para el Personal que efectúa Inspección y Limpieza en Tanques de Almacenamiento y Acumuladores"  
PEMEX  
Boletín de Seguridad Industrial No. 1, 2a ed.  
México 1973
- III ARTICULOS
- 20) "Storing and Dispensing Flammable Liquids"  
National Safety News  
March 1978, Vol. 117 part 3  
pp. 110-111
- 21) "Protection of Storage Tanks Against Collapse Due to Internal Vacuum Formation"  
T.F. Roylance and A. Lichtarowicz  
Department of Mechanical Engineering, University of Nottingham  
May 1979, pp. 96-97
- 22) "The effect of Bevel Angle on Safety Valve Vent-Pipe Systems"  
Chung-Hsiung Li  
Journal of Engineering for Power  
July 1981, Vol. 103  
pp. 587-588
- 23) "Conceptual Design of Refinery Tankage"  
H.S. Burk, Brown E. Root  
Chemical Engineering  
August 24, 193  
pp. 107-110



## 24) "Safety in Petroleum Refinery Operations"

Dan H. Barber

Standard Oil Company of California

RP 15, pp. 133-142

25) "Conceptos sobre Accesorios de los Tanques Verticales de  
Techo Fijo y Flotante"

Ing. Roberto Cedillo

Refinería "General Lázaro Cardenas"

Minatitlan Ver. Mayo 1981.